This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Naturkräfte und Naturgesetze.

Populäres

Handbuch der Physik

zum Selbstunterricht

für

die Gebildeten jeden Standes.

Von

Dr. W. F. A. Zimmermann.

Zweiter Band:

Akustik. Calorik. Optik.

Berlin, 1857.
Verlag von Gustav Hempel.

911786

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
1910 L

Inhalt.

Der Schall.

Seite

Schwingungen.

Transversalschwingungen elastischer Körper 3

Verschiedene Arten der Schwingungen 3

Körper, die Transversalschwingungen machen 4. Schwingungsknoten 4. Kaleidophon 4.

Gleiche Dauer der Schwingungen 5

Schwingungsgesetze 5

Einwirkung der Schwingungen auf das Ohr 6

Verschiedene Empfänglichkeit des menschlichen Ohres für Töne 6. Unvernehmbare Töne 7.

Die Wellenbewegung des Wassers 9

Longitudinalschwingungen der Luft 10

Die Wellenbewegung der Luft 10

Unterschied der Luftwellen von den Wasserwellen 10. Darstellung der Wellenbewegung der Luft 10. Sich kreuzende Wellen — Gleichzeitiges Hören verschiedener Töne 12. Harmonie — Disharmonie 13.

Instrumente zur Zählung der Schwingungen 14

Die Speichensirene 14. Die Radsirene 15. Die Lochsirene 16. Dove's Sirene 19.

Die Bisharmonika 20

Die Orgelpfeife 20

Material 21. Beschreibung 21. Die Luftschwingungen in der Pfeife 21. Sichtbarmachung der Vibrationen 22. Einwirkung der Pfeifenform auf den Ton 23.

Veranschaulichung der Transversalschwingungen 24

Klingende Glocken 24

Schwingende Saiten 25

Excursion 25. Knotenpunkt 25.

Das Monochord 26

Veranschaulichung der Longitudinalschwingungen 28

Schwingungsknoten der Luftsäulen 28

Sichtbarmachung der Knotenpunkte 29.

Verschiedenheit des Tones gedackter und offener Pfeifen 30

Klangfiguren 31

Chladni 32

Seite

Darstellung der Klangfiguren 34
Manipulation 35. Der Sand 36. Geradlinige Figuren 37. Krummlinige Figuren 39.

Secundäre Klangfiguren 42
Mittönen anderer Körper 42. Darstellung der secundären Klangfiguren 42. Savart's Versuche 44.

Erklärung der Interferenzerscheinungen 45
Hörbarmachung der Interferenz 46. Sichtbarmachung 48. Interferenz bei entgegengesetzten Wellen 49. Bei den Wasserwellen 50. Verstärkung des Tones einer Chladni'schen Klangscheibe 51. Interferenz bei der Stimmgabel 52. Andere Wahrnehmbarmachung der Interferenzen 53. Experiment 55.

Oersted's Klangfiguren 56
Entdeckung 56. Darstellung 57.

Savart's Staubfiguren 58

Secundäre Vibrationen des Wassers 59
Sichtbarmachung der Vibrationen einer Glocke 59. Mittheilung der Vibrationen an die Luft 61. Savart's Experiment 62.

Longitudinalschwingungen in Röhren 62
Apparat 62. Falsche Theorie 64.

Musikalische Instrumente 66
Pfeifen 66. Blaseinstrumente 67.

Longitudinalschwingungen fester Körper 69
Experimente 69. Gesetze 70. Marloye's Staborgel 71. Mericourt's Schwingungs-Versuche 72. Savart's Klangfiguren auf Stäben 73.

Torsionsschwingungen 74

Der Schall.

Verbreitung des Schalles 76

Schallwellen 77
Zusammenhaltung der Schallwellen 79. Schwächung des Schalles in freier Luft 80.

Einfluß der Beschaffenheit der Luft 81
Beispiele 81. Gewitterluft 82. Unruhige Luft 84. Schall bei Nacht 85. Unglaubliche Entfernungen der Schallverbreitung 86. Einfluß der Dichtigkeit der Luft 87. Subjective Verschiedenheit der Feinheit des Ohres 89.

Reflex des Schalles 90

Schallschatten 91

Gesetze des Schallreflexes 92
Schallgewölbe 94. Schallgrotten 95.

Das Echo 96
Ein- u. vielsilbige Echo's 97. Vielfältige Echo's 97. Flüstergallerien 100.

Langsamkeit der Schallwellen 100

Das Sprach- und das Hörrohr 101

Fortpflanzung des Schalles 104

Brechung des Schalles 106

Leitung des Schalles in geschlossenen Räumen 108

Seite

Das unsichtbare Mädchen 108.

Adhäsion des Schalles 110

Fortpflanzung des Schalles durch Wasser 112
Versuche 112. Fortleitung durch andere Flüssigkeiten 114.

Fortpflanzung des Schalles in festen Körpern 114
Versuche 114. Zählung der Schwingungen 117. Der Tartini'sche Ton 119. Beispiele der Fortpflanzung durch feste Körper 120. Anwendung bei Harthörigen und Taubstummen 122. Weite Erstreckung des Schalles 123. Ellicot's Uhren 124. Weitere Versuche 126. Breguet's sympathetische Uhren 126. Schlechte Schallleiter 128. Experimente im luftleeren Raum 128.

Resonanz anderer Körper 130
Savart's Versuche 131. Resonanz fester Körper 132.

r Ton.

Verschiedenheit der Töne 133

Verschiedenheit der Organe 134

Geräusch — Ton 135

Savart's Auseinanderlegen der Töne 136

Vergleichung der Töne mit den Farben 137

Congesetze 139
Allgemeine 139. Besondere 140.

Messungen der Intervalle am Monochord 141
Einrichtung des Monochords 141. Längenmaße der Töne 143. Messung der Intervalle 144.

Die Scalen 147
Chromatische 147. Natürliche 147. Enharmonische 150.

Temperatur und Schwebung 151
Reine Temperatur 152. Kirnberger's Temperatur 154.

Musik der Alten 156

Anzahl der Schwingungen 157
Knotenpunkte 158. Stimmung verschiedener Orchester 159. Grenzen hörbarer Töne 160. Zweck der Zählung 161.

as Ohr.

Beschaffenheit des Ohres 162

Das Bewußtsein des Hörens 164
Der Hammer 164. Entbehrlichkeit einiger Theile 166. Täuschungen 167.

Die Wärme.

Begriff des Wortes Wärme 171
Sinnentäuschung 171. Wärmeleiter 174. Wirkung der Wärme 175. Die Wärme ein Imponderabile 177. Wärmestoff 178.

is Thermometer.

Erfindung des Thermometers 179
Drebbel 179. Sein Instrument 180. Streit um die Erfindung 181.

Verbesserung der Form 181

Seite

Die Thermometer der Academia del cimento 182. Reaumur 182. Renaldini 182. Wiederaufgefundene Florentiner Thermometer 183.

Vergleichbare Thermometer 183
Fahrenheit 183. Reaumur 185. De Luc 186.

Thermometer für höhere Grade 188

Metallthermometer 188
Fundamentalversuch 188. Praktische Metallthermometer 189. Breguet's Metallthermometer 190. Compensationspendel 191.

Technische Anwendung der Ausdehnung durch Wärme . . 193

Princip der Thermometrie 196

Ausflußthermometer 197

Pyrometer 198
Petersen 198. Prinsep 200. Webgewood 202.

Verfertigung der Thermometer 205
Das Calibriren 205. Das Füllen 205. Das Luftleermachen 206. Bestimmung des Gefrierpunktes 208. Bestimmung des Siedepunktes 209. Scaleneintheilung 210. Material für die Scala 214. Anfertigung einer Glasscala 215. Methode Glas zu ätzen 215.

Registerthermometer 218
Maximumthermometer 218. Minimumthermometer 219. Photographisches Registerthermometer 220. Beleuchtung desselben 221.

Der Thermomultiplicator 222
Fundamentalversuch 222. Thermoelektrische Ketten 222. Die Thermosäule als Wärmemesser 223. Die Thermosäule als Wärmeleitungsmesser 225.

Ursache der Wärmeerscheinungen.

Wärmestoff 227

Zusammenhang von Wärme und Licht 228

Aehnlichkeit von Wärme und Schall 229

Quellen der Wärme.

Die Sonne 231

Wirkung der Sonnenwärme 231
Praktische Benutzung der Sonnenwärme 232. Rumford's Versuche und Rathschläge 234. Praktische Kleidung 235. Guter Rath für Wohnungen 235. Große Sonnenhitze 236. Brennspiegel 237. Klima 240. Vegetation 242.

Temperaturvertheilung 243

Thermometerbeobachtungen 245

Ursachen der Temperaturunterschiede 247
Die Nacht 247. Ausstrahlung der Erde 248. Abnahme der Wärme in der Höhe 249. Einfluß der Tageszeit 252.

Die Schneegrenze 254

Vegetation in der Höhe 257

Der Temperatur angemessene Bekleidung der Thiere . . 259

Biegsamkeit der menschlichen Natur 260

Die Vibrationstheorie 261
Zusammenhang von Schall, Wärme und Licht 261. Die Wellen

Seite

des Aethers 262. Einwürfe gegen die Vibrationstheorie 264. Temperatur in der Tiefe 265. Das Innere der Erde 267. Wärmeverlust der Erde 268.

Der Druck 270

Die Reibung 272

Beispiele 272. Durch Reibung hervorgebrachte Schmelzhitze 273. Praktische Anwendung 274.

Chemische Verbindung 275

Mengung und Mischung 275

Verdichtung bei chemischen Processen 276

Verbrennung 278

Selbstentzündung 279

Homberg's Pyrophor 280. Selbstverbrennung von Menschen 281. Unmöglichkeit derselben 285.

Chemische Mischungen 287

Wasserstoff — Sauerstoff 288. Böse Wetter 289. Davy's Sicherheitslampe 290. Entzündung des Pulvers 291. Knallpräparate 292. Das chlorsaure Kali 293. Zündmittel 294.

Bedingungen der Verbrennung 297

Kohlensäure 298. Verschiedene Wärmeentwicklung verschiedener Substanzen 299. Einfluß des Sauerstoffes 300. Künstliche Temperaturerniedrigung 301. Menge der entwickelten Wärme von verschiedenem Brennmaterial 305.

Ursache der Wärmeentwicklung bei der Verbrennung . . . 307

Der Lebensproceß 308

Thiere 309

Die thierische Wärme 309. Winterschlaf 310.

Menschen 311

Ertragung großer Kälte 312. Die indischen Brahmanen 313. Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse 315. Das Erfrieren 317. Ertragung großer Hitze 318.

Ursache der thierischen Wärme 319

Aeltere u. neuere Ansichten 319. Athmungsproceß 322. Stoffwechsel 323.

Pflanzen 324

Elektricität 326

Der galvanische Strom 327. Der Magnetismus 328.

Verbreitung der Wärme.

Emanationstheorie 330

Vibrationstheorie 331

Euler 331. Der Aether 332. Wellenbewegung des Aethers 333.

Ausdehnung durch die Wärme 334

Gase 334. Flüssige Körper 336. Das Wasser 337.

Wirkungen der Wärme 339

Aggregatzustände 339. Siedhitze 340. Verdampfungswärme 344.

Wärmeleitung 348

Gute und schlechte Leiter 348. Biot's Versuch 349. Die Luft 351.

Specifische Wärme.

Seite

Begriff 353. Auffindung 354. Das Calorimeter 355. Wärmecapacität 357.

Verdunstungskälte 359

Gesetze der Strahlung 361

Reflex 361. Hohlspiegel 363. Strahlungsfähigkeit 365. Permeabilität 366.

Das Licht.

Wirkung des Lichtes 371

Wirkung auf die Pflanzen 371

Farben 371. Wendung zum Licht 372. Schlaf 375. Einfluß der Intensität des Lichtes 376.

Wirkung auf die Thiere 377

Wirkung auf die Menschen 378

Hautfarbe 378. Racen 379. Malpighische Schleim 381.

Bleichproceß 381

Stoffwechsel 383

Thiere 384. Pflanzen 385.

Chemische Wirkung 386

Versuch 386. Chemische Wirkung des zersetzten Lichtes 387. Wirkung auf Chlorsilber 388, auf Pflanzenfarben 390. Draper's Gesetze 391.

Theorie des Lichtes.

Die Emanationstheorie 392

Göthe 392. Newton 395. Spätere Ansichten 397. Descartes 398.

Die Vibrationstheorie 400

Der Aether 400. Beweise für die Existenz des Aethers 401. Die Lichtwellen 404.

Ausbreitung des Lichtes 408

Gesetz 408. Versuch 409.

Interferenzerscheinungen 410

Fresnel's Spiegelversuch 410. Schwerdt's Versuche 412. Beugungsversuche mit dem Fernrohr 415. Göthe über die Beugung 416. Länge der Schwingungen 417. Andere Interferenzerscheinungen 418. Erklärung derselben 419. Wirkung des farbigen Lichtes 421. Göthe's Polemik gegen Newton 423. Newton 427. Farbenbild im durchgelassenen Lichte 428. Farbenerscheinungen am Prisma 430. Göthe 432. Versuche mit dem Prisma 433. Subjective — objective Versuche 436. Das Spectrum 436.

Brechung des Lichtes 437

Verschiedene Brechbarkeit der Farben 438

Ausbreitung der Farben im Spectrum 440. Experimentum crucis 441.

Sammlung des zerstreuten Lichtes zu weißem 442

Die Farbenscheibe 443. Complementarfarben 444. Der Farbenkreisel 448.

Der Regenbogen 449

Seite

Bildung des Regenbogens 453. Doppelregenbogen 454. Supplementarbogen 455. Erklärung des Regenbogens 456. Thauregenbogen 460.

Fraunhofer 461

Seine Bildungsgeſchichte 461. Seine Erfindung 463. Seine Darſtellung des Spectrums 464. Schwarze Linien im Spectrum 465. Verſchiedenheit der Linien in verſchiedenem Lichte 467.

Reflexion des Lichtes 468

Urſache der Farben der Körper 468

Farbe der Sonnenſcheibe 471. Die Dämmerung 473. Die Gegendämmerung 474. Grüne Färbung des Himmels 475. Das Alpenglühen 475.

Licht durch farbige Körper gehend 477

Göthe's Kritik der Newton'ſchen Lehre 479. Kritik der Göthe'ſchen Kritik 482. Abſorption der Farben durch Gaſe 485.

Unterſuchung des Lichtes verſchiedener Lichtquellen . . . 487

Fluorescenz 489

Unſichtbares Licht 491. Unterſuchung dieſes Lichtes durch fluorescirende Flüſſigkeiten 492.

Achromaſie.

Ablenkung und Farbenzerſtreuung bei optiſchen Inſtrumenten 493

Newton's Verſuche zur Beſeitigung der Hinderniſſe 494. Euler's Wink 495. Prüfung der Berechnungen Euler's und Newton's 496.

Das Auge 496

Beſchreibung 496. Das Sehen 496. Linſen beſter Form 498. Camera obscura 499.

Achromatiſche Inſtrumente 499

Dollond's Erfindung 499. Maſter Hall 500. Proceß Hall wider Dollond 502. Das achromatiſche Prisma 503.

Spiegelung 505

Geſetz 506. Anwendung der Spiegelung 508. Wollaſton's Goniometer 509.

Hohlſpiegel 510

Brennpunkt 511. Brennraum 512. Erſcheinungen an Hohlſpiegeln 513 Phantasmagorieen 514.

Converſpiegel 515

Wirkungen der Converſpiegel 516. Landſchaftsſpiegel 518.

Anwendung der Spiegel 519

Camera lucida 519. Das Kaleidoſkop 520. Glasſpiegel 522. Anwendung der Hohlſpiegel in der Meteorologie 524. Das einfachſte Mikroſkop 524. Caſſegrain'ſche Spiegelteleſkope 525.

Brechung des Lichtes 525

Durchſichtige Körper 525. Durchgang des Lichtes durch mehrere durchſichtige Körper 526. Brechung durch das Prisma 527. Brechung durch Glaslinſen 529. Die ſechs Formen der Linſengläſer 530. Sammelgläſer - Zerſtreuungsgläſer 531.

Sammelgläſer 531

Wirkungen der Sammelgläſer 531. Polygonallinſen 532. Fresnel's Leuchtthurmapparat 533.

Seite

Concavgläser 534
Erfindung des Glasschleifens 535. Anwendung zu Brillen 536. Einfluß der Farbe auf die Sehweite 539. Newton's Versuche 540. Göthe's Versuche 541.

Dauer des Lichteindruckes 543
Das Thaumatrop 543
Die stroboskopische Scheibe 544
Versuche über die Dauer des Lichteindruckes 548

Optische Instrumente.

Das einfachste Mikroskop 552
Die Loupe 552. Das Zirkelmikroskop 553. Bequeme Einrichtung 554.

Zusammengesetzte Mikroskope 555
Erfindung 555. Aeußere Form 556. Innere Einrichtung 558.

Vergrößerung der Mikroskope 560
Glasmikrometer 562.

Mikroskope mit Prismen 563
Wirkung der Prismen 565. Binocular-Mikroskop 566.

Prüfung der Mikroskope 568

Das Fernrohr 569

Geschichte des Fernrohrs 570
Ptolemäus. Janſen 570. Galilei 571.

Das holländische Fernrohr 572

Das astronomische Fernrohr 573
Aeltere Instrumente 573. Huyghen's Objective 573. Observatorium in Benares 574. Jetzige Riesenrefractoren 575.

Das Erdfernrohr 575
Anordnung der Linsen 576. Aeußere Form 577.

Das Spiegelteleskop 578
Newton's Spiegelteleskop 578. Wilhelm Herschel's Leben 579. Seine Erfindung 580. Seine Entdeckungen 581. Rosse's Teleskop 583. Das Gregory'sche Teleskop 584.

Camera obscura 585
Einrichtung 586. Verschiedene Formen 587.

Das Sonnenmikroskop 588
Einrichtung 589. Laterna magica 590.

Polarisation.

Doppelt brechende Krystalle 591

Der Polarisations-Apparat 595
Nicol's Kalkspath-Prisma 597. Untersuchungen damit 599. Drehende Polarisation 604. Apparat zur Untersuchung der drehenden Kraft 605. Das Saccharimeter 607. Anwendung in der Medicin 608. Böttger's Apparat 609. Faraday's Apparat 610. Irrthum Faraday's 612.

Photographie.

Wedgewood. Davy. Daguerre. Talbot 613.

Der Schall.

Schwingungen.

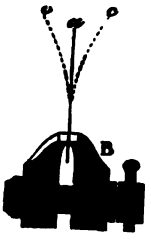
Alle elaſtiſchen Körper, aus ihrer Ruhelage gebracht, können Schwingungen machen, welche in gewiſſer Art mit den Pendelſchwingungen zu vergleichen ſind; werden dieſelben mehr als gewöhnlich ſchnell, hören ſie auf, ſichtbar und zählbar zu ſein, ſo nennt man dieſe Schwingungen Vibrationen, ein Ausdruck, der durch das deutſche „Erzittern" nur unvollkommen wiedergegeben wird.

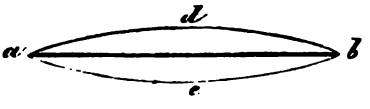
Jeder elaſtiſche Körper kann in ſolche Schwingungen verſetzt werden; die ruhenden Theilchen werden in ihrem Zuſammenhange aus der Ruhelage entfernt und dann ſich ſelbſt überlaſſen. Hierdurch wird ihnen die Freiheit gegeben, in ihre vorigen, in die normalen Ruhelagen zurückzukehren; vermöge derjenigen Thätigkeit, welche wir das Beharrungsvermögen nennen (Kraft der Trägheit), beharren die Theilchen, welche einmal in Bewegung ſind, auch noch ferner in dieſer Bewegung, ſie gehen darüber hinaus beinahe ſo weit als ſie vorher aus ihrer Ruhelage abgelenkt worden waren, dann aber kehren ſie wieder zur Ruhelage zurück, gehen aber nun wieder beinahe ſo weit darüber hinaus, als ſie abgelenkt worden waren, und ſo dauert das Spiel eine Zeit lang fort, bis, nachdem die Schwingungen mit jeder neuen Zeit etwas geringer geworden als bei der vorigen, ſie endlich aufhören, dadurch jedenfalls, daß ſie in der Luft, in dem Widerſtande des Körpers ſelbſt Hinderniſſe gefunden haben, welche das Perpetuum mobile, das jeder in Schwingung geſetzte Körper eigentlich ſein müßte, zur Ruhe bringen.

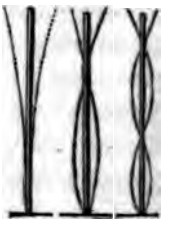
Je nach der Form, der äußeren Geſtalt eines Körpers, können die Schwingungen verſchiedener Art ſein. Ein Glocke von Glas, von Metall, an deren Rand man mit einem Violinbogen ſtreicht, giebt Transverſalſchwingungen, eben ſo eine Glas- oder Metalltafel, eine ſtraff geſpannte Haut, das Fell der Pauke, der Trommel.

Ein Metallſtab, ein Holzſtab, kann gleichfalls Querſchwingungen machen, wenn man die geſpannten Saiten aus ihrer geraden Linie herauszieht und

Fig. 193. Fig. 194. Fig. 195.



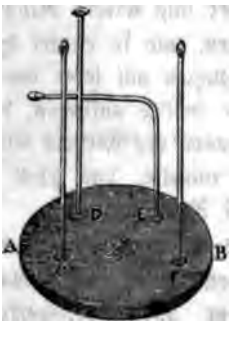




dann losläßt, wenn man einen geraden Stab, ein Lineal an einem Ende feſt einklemmt, anſpannt, und dann plötzlich losläßt, ſo entſtehen daraus gleichfalls Transverſalſchwingungen; bei einer Saite ſehen ſie aus, wie die Fig. 194 andeutet, bei einem Stäbchen ſehen ſie aus, als hätte man die Fig. 193 in der Mitte getheilt. Der Stab ab (Fig. 193) wird nach bc durch den Druck der Hand abgelenkt, ſo wie er losgelaſſen wird, ſchwingt er hin und her, immer bald rechts, bald links von ab die Stellung cb einnehmend, bis die Schwingungen aufhören und er wieder ruhig ſteht. Von der Art der Bewegung, die man urſprünglich dem Stabe ertheilte, hängt es ab, wie die Schwingungen ausfallen ſollen und ob Schwingungsknoten entſtehen. Die erſte Zeichnung der Fig. 195 hat außer ihrem Befeſtigungspunkte keinen ſolchen, die zweite hat einen, die dritte hat deren zwei.

Sehr ſchön laſſen ſich dieſe Schwingungen von dünnen Stäben, welche an einem Ende befeſtigt ſind, durch ein Inſtrument zeigen, welches Kaleidophon heißt. Auf einem Brette AB ſind Stahldrähte $CDEF$ befeſtigt,

Fig. 196.



auf deren oberen Enden runde oder eckige, aber gut polirte Knöpfchen befeſtigt ſind. Sobald man mittelſt eines Violinbogens oder auf eine ſonſtige angemeſſene Weiſe die Stäbchen in Schwingung (wo möglich in tönende Schwingung) verſetzt, bilden die Knöpfchen elliptiſche oder kreisförmige Figuren, welche ſich fortwährend in ihrer Richtung und Stellung gegen einander verändern. Das Experiment iſt ſehr leicht zu machen: ein paar Stricknadeln mit auf den Spitzen befeſtigten Glasperlen ſind genügend, und der Anblick der ſchwingenden Perlen ſehr anmuthig.

Sollten wir die Schwingungen einer Tafel darſtellen, ſo würden wir

sie in der Mitte festgehalten zu denken haben und dann würden dieselben, von der Seite gesehen, sich zeigen, als ob ein Stab (Fig. 193) nicht an einem Ende, sondern als ob er in der Mitte festgehalten würde.

Wie die Pendelschwingungen gleichzeitig sind (d. h. ein Pendel macht alle Schwingungen in derselben Zeit, ein anderer Pendel hat natürlich wieder eine andere Zeitdauer), so sind auch die Vibrationen eines jeden schwingenden Körpers gleichzeitig, ihre Ausdehnung ist im Augenblick der Erregung am stärksten und wird mit jeder neuen Schwingung geringer, die Zeit, in welcher die weiteste Schwingung zurückgelegt wird, ist jedoch nicht im mindesten länger als diejenige, in welcher die Schwingung von geringster Erstreckung geschieht.

Schwingungsgesetze.

Wenn man eine schmale Leiste von Tannenholz von 10—12 Fuß Länge an einem Ende festklemmt, am andern Ende weit zurückbiegt und sie dann losläßt, so wird sie in Schwingungen gerathen, sie wird vielleicht vier bis sechs derselben in einer Secunde machen. Wenn man ein Seil von 20 Fuß Länge horizontal ausspannt, daß es eine ziemlich gerade Linie bildet, — d. h. in der Mitte nicht mehr als ein paar Zoll tiefer hängt als an den beiden Befestigungspunkten, — es in der Mitte zu sich zieht und darauf losläßt, so wird auch dieses Seil wie der Stab Schwingungen machen, die man sehr deutlich sehen kann, je nach der Stärke der Spannung des Seiles werden der Schwingungen mehrere sein.

Verkürzt man den schwingenden Stab auf die Hälfte, so wird der Stab doppelt so viele Schwingungen machen, dasselbe gilt für das gespannte Seil. Es wird nun bei fortgesetzter Verkürzung ein Zeitpunkt eintreten, bei welchem man die Schwingungen nicht mehr zählen kann. Sobald dieser Zeitpunkt eingetreten, wird man einen tiefen, schnurrenden Ton hören.

Sichtbarkeit der Schwingungen schließt den Ton aus, ein hörbarer Ton setzt Schwingungen voraus, welche nicht mehr gesehen werden können. Bei einem sehr tiefen Ton erscheint der schwingende Stab oder das Seil wenigstens noch bemerkbar vibrirend; je höher die Töne werden, desto schneller schwingen beide und alsdann sieht man nichts mehr von der Schwingung.

Wir sehen hier einen genauen Zusammenhang zwischen Vibration und Klang. Unser feinster Sinn, das Auge, ist nicht im Stande, eine vorhandene Wirkung (die durch künstliche Mittel allerdings sichtbar werden kann)

wahrzunehmen; unſer Ohr giebt Kunde von dieſer Wirkung, das iſt der Ton, das iſt die Muſik, die wir hören, ſie beſteht aus Schwingungen, aus Vibrationen verſchiedener elaſtiſcher Subſtanzen, und zwar von Körpern, welche von Natur elaſtiſch ſind wie Stahlſtäbe (Stimmgabeln), Glasglocken oder von ſolchen, die durch Spannung elaſtiſch werden wie Saiten, ausgeſtreckte Häute (Trommel, Pauke), oder von Luftſäulen, deren Elaſticität durch den Druck ihrer eigenen Maſſe hervorgebracht wird. (Die Luft nämlich iſt in ſehr vielen Fällen, bei allen Blasinſtrumenten von der Orgel bis zum Clarinett, von der Poſaune bis zur Picoloflöte, ſelbſt der tönende Körper.)

Verhalten der Schwingungen zum Ohr.

Die Vibrationen aber aller tönenden Körper können nur inſofern gehört werden, als dieſelben durch irgend ein Mittel, welches ſie fortpflanzt, bis zu unſerm Ohr gelangen. Dort im Hintergrunde des Ganges, den die Ohrenmuſchel umgiebt, befindet ſich vor eine Höhle in einem ſehr feſten Knochen des Kopfes, vor die Paukenhöhle geſpannt, ein feines Häutchen, welches man das Trommelfell nennt; die durch die Luft fortgepflanzten Vibrationen in Luftwellen verwandelt, treffen auf das Trommelfell und biegen es einwärts und indem dadurch die Luft im Innern der Paukenhöhle verdichtet wird, entſteht ein Beſtreben, die Biegung auszugleichen, welches Beſtreben dadurch begünſtigt wird, daß in demſelben Augenblick die Luftwelle, welche an das Ohr geſchlagen hat, wieder zurückkehrt, worauf abermals eine ſolche Luftwelle gegen das Ohr dringt, das Trommelfell einwärts biegt und hierauf wieder zurückkehrt, und ſo fort viele Male in einer Secunde.

Beträgt die Zahl der Einbiegungen 16 und die Zahl der Ausdehnungen gleichfalls 16 in einer Secunde, wird das Trommelfell des Ohres 32 Mal hin und her gebogen, ſo entſteht das Bewußtſein des tiefſten Orgeltons, des tiefſten C; verdoppelt ſich die Zahl der Schwingungen, ſo hört man die Octave von dieſem C; macht das Trommelfell 128 ſolcher Schwingungen, ſo hört man abermals die Octave und ſo geht es fort durch neunmalige Verdoppelungen bis zu dem C, welches fünf Octaven über dem mittleren C eines Flügels liegt, wobei 16,320 Schwingungen in einer Secunde dem Ohre zugemuthet werden, ein ſolches Ohr umfaßt alſo neun volle Octaven; die meiſten Menſchen hören noch ſchnellere Schwingungen, man hört noch das d, e, f, nun aber ſteht man an einer Grenze, bei welcher der Eine ſagt, ich höre noch, der Andere, ich höre nichts mehr, bei welcher der Eine ſich über die faſt ſchmerzhafte, kreiſchende Höhe der Töne beklagt, der Andere durchaus nichts davon wahrnimmt, und obſchon es Perſonen

t, welche nach der zehnten Octave, bei welcher 32,760 Schwingungen er Secunde gemacht werden, bei welcher also das Trommelfell 16,380 Mal ärts und 16,380 Mal auswärts gebogen werden muß, ganz deutlich en, so giebt es doch auch wieder andere, welche das Zirpen der Grille mals gehört haben, welche daher gar nicht wissen, wovon die Rede ist, n man dieses Tones erwähnt, und daß hier keine Täuschung walte, t aus einer durchaus entscheidenden Thatsache hervor.

Die Grillen haben verschiedene Töne; auf einem Stoppelfelde ge- ɔ hört man sehr oft zwei ein Duett singen, es scheint als ob sie sich ufen und einander antworten. Der Verfasser hat Personen gekannt, lche den einen dieser Töne wohl hörten, den anderen aber, der eine art oder Texte höher war, durchaus nicht vernahmen. Bei diesen fand o keine Unbekanntschaft mit diesem Tone statt, nur war einer derselben ihr träges Trommelfell zu hoch, dasselbe sprach nicht mehr an, wenn ser Ton angeschlagen wurde.

Es sind nicht diese Töne allein, wie das Zirpen des Heimchens, das chrillen der Heuschrecken oder das Schwirren der herumfliegenden Heu- recken, welche von manchen Menschen nicht vernommen werden, es sind gar durch musikalische Instrumente hervorzubringende Töne, welche sich n Ohre einiger Personen entziehen; diejenigen, welche durch sehr scharfes blasen der ganz kleinen Querflöte oder auch dadurch entstehen, daß man f einer Violine die höchsten Töne angiebt, welche ein geschickter Violin- tuose ihr noch entlocken kann, werden auch nicht gehört von Leuten, deren ommelfell nicht elastisch genug ist.

Ob Aehnliches an dem entgegengesetzten Ende der Scala auch vor- mmt, ob es auch Töne giebt, welche zu tief für das Ohr des Menschen d, weiß man nicht, allein daß es bei Thieren so sei, unterliegt keinem eifel; wir dürfen nur an den Hund denken, welcher bei den Tönen eines ffes, den tieferen eines Violoncells, ganz ruhig bleibt, dessen völlig gleich- ltiges Gesicht deutlich dafür spricht, daß diese Töne keinen Eindruck auf machen, sobald man jedoch die Geige streicht, wird er unruhig und nn man in eine gewisse Höhe der Töne kommt, zeigt er durch sein compagnement, daß er keineswegs unempfindlich gegen musikalische Ge- sse sei.

Durch künstliche Spannung des Trommelfells kann sich auch der Mensch empfindlich gegen tiefe Töne machen, nur von Natur scheint er es nicht sein; den Ton einer 32füßigen Orgelpfeife hört wohl ein Jeder, ja ar den noch um eine Octave tieferen, der mittelst der Speichensirene ch 16 Schläge hervorgebracht wird, allein wenn man Mund und Nase

zuhält und nun die Bruſtmuskeln ſo wirken läßt, als wollte man ausathmen, ſo wird die Luft in der Paukenhöhle des Ohrs verdichtet, das Trommelfell wird nach außen geſpannt und man hört nun recht tiefe Töne nicht mehr, man iſt taub für dieſelben geworden, ja ſogar brummendes Geräuſch, wie das Rollen eines Wagens über eine hölzerne Brücke, hört man nicht mehr, dagegen das Klirren des Eiſens an demſelben noch ganz deutlich vernommen wird.

Vergleichende Verſuche.

Dove macht in ſeiner geiſtreichen Schrift „Ueber Wirkungen aus der Ferne" die Bemerkung: Wenn wir aus den hohen Tönen, welche Inſecten bei ihrem Flügelſchlag durch die Bewegung ihrer Bruſtmuskeln erregen, ſchließen, daß ſie mehrere tauſendmal in der Secunde ihre Muskeln zu ſtrecken vermögen, während der ſtärkſte engliſche Wettrenner dies nur fünfmal in derſelben Zeit vermag, ſo liegt die Vermuthung nicht fern, daß Thiere, welche ſo hohe Töne hervorzubringen vermögen, noch viel höhere vernehmen und daß die Sphäre des Klanges für ſie vielleicht da beginnt, wo ſie für uns aufhört, daß ſie da laut mit einander ſprechen, wo für uns vollkommene Stille herrſcht.

Es giebt kleine Thiere, welche das 80fache ihrer Höhe ſpringen, den Satz, welchen ein Floh macht, müſſe man nicht nach dem Fuße des Menſchen, ſondern nach dem Fuß des Flohes meſſen, ſagte ſchon Demokritos, er wurde zwar von ſeinen Landsleuten, den Abderiten, deswegen ſehr ausgelacht, allein er hat doch Recht. Wenn man die Leiſtungen verſchiedener Geſchöpfe mit einander vergleichen will, ſo muß man nicht an alle denſelben, ſondern an jeden ſeinen eigenen Maßſtab anlegen. Der Menſch kann nicht ſolche Sätze machen wie die Feldheuſchrecken oder die Flöhe; unter den Turnern gilt ſchon derjenige für einen Heros, der einmal ſo hoch ſpringt als er ſelbſt, und in der alten Hofburg zu München ſind um ein Geringes höher als Menſchengröße eiſerne Marken eingemauert, welche die Gewalt zweier bairiſcher Herzöge im Springen verewigen — was iſt das aber im Vergleich mit einem Flohſprunge; um es dieſem Thiere gleich zu thun, müßte ein menſchlicher Springer über den Straßburger Münſter hinwegſetzen können.

Bei ſolchen Verſchiedenheiten würde es mehr als gewagt ſein, die für uns gültigen Verhältniſſe auf Thiere zu übertragen und einfach anzunehmen, was wir nicht können, vermögen ſie auch nicht; ſieht doch der Condor aus 30,000 Fuß Entfernung ein gefallenes Lama auf den Haiden von Süd-

nerika, welcher Menſch vermöchte dies? Findet doch der Hund die Spur s verlorenen Kindes oder des noch nicht angeſchoſſenen Rehes durch das- nige wieder, was eins oder das andere bei ſeinem Laufe auf dem Fels- oden hat liegen laſſen, welcher Menſch — und wäre es ein Häuptling er Sioux oder der Blakfoot-Indianer — vermöchte dies?

So müſſen wir uns denn zufrieden geben mit dem, was wir über die Töne bei dem Menſchen beobachten, ohne ſagen zu können, hier oder dort ſt die Grenze des Hörbaren.

Waſſerwellen.

Wellen, durch einen tönenden Körper in der Luft erregt, ſind zum Hören unerläßlich, allerdings leiten auch feſte Körper und flüſſige (das Waſſer) den Schall und zwar kräftiger als die Luft, dennoch iſt die Luft es ſchließlich, welche den Schall an das Ohr trägt und die Luft in der Paukenhöhle des Ohres iſt es, welche vibriren muß, um den Gedanken des Hörens zu erwecken.

Von dieſer Wellenbewegung ein Bild, ein den Sinnen faßliches, deut- liches und richtiges Bild zu geben durch die Schrift, iſt ſehr ſchwer; bei einem mündlichen Vortrage unterſtützt das Zeigen und Deuten, unterſtützt die Bewegung der Hand in der Demonſtration; dies fehlt dem Buche, und da alle Vergleiche hinken, man aber gern den Vergleich über die Grenze, bis zu welcher er richtig iſt, hinaus treibt, kommt man leicht in den Fall, etwas ganz Anderes zu leſen als beabſichtigt wird.

Der Verfaſſer bittet ſeine Leſer, namentlich in den nächſten Zeilen dieſes feſtzuhalten und den Vergleich nicht weiter zu treiben als ausdrücklich angegeben wird.

Wenn man einen Stein auf eine ruhende Waſſerfläche wirft, ſo ent- ſteht zuerſt eine Vertiefung, dann eine größere Erhöhung. Dieſe dehnt ſich aus, hinter ihr aber entſteht wieder eine Vertiefung, welche der kreisför- migen Welle nachläuft, hinter dieſer (d. h. ſtets im Innern des Kreiſes) entſteht abermals eine Erhöhung, eine Vertiefung, wieder eine Erhöhung u. ſ. f., indeß die erſte kreisförmige Welle ſich ſtets weiter und weiter aus- dehnt. Was vieler Worte bedarf, um beſchrieben zu werden, kann ein Jeder viel ſchöner ſehen als man es beſchreiben kann, wenn er ein Stein- chen in das nächſte ruhende oder langſam fließende Waſſer wirft.

Denke man ſich nun, nachdem man ſich das Bild der kreisförmigen ſtets wachſenden Wellen deutlich gemacht hat, an Stelle des Waſſers Luft,

an Stelle des Steines aber einen klingenden Körper, so hat man nahezu den Vorgang der Fortleitung des Schalles durch die Luft sich versinnlicht.

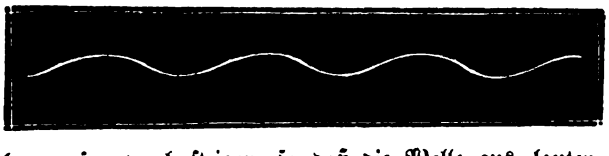
Nun kommen aber die Unterschiede, welche der Verfasser sich recht gegenwärtig zu machen bittet.

Auf der Wasserfläche verbreitet sich die Welle kreisförmig, in einer Ebene, in der Luft verbreitet sich die Schallwelle kugelförmig, nicht nach zwei, sondern nach drei Dimensionen, man hört also den klingenden Körper hinauf so gut tönen, wie hinab und wie nach allen anderen Richtungen.

Luftwellen. Schallwellen.

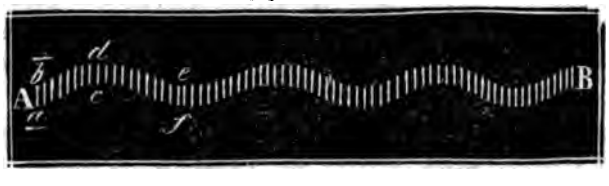
Die Wellen des Wassers laufen von dem Erregungspunkte in immer größer werdenden Kreisen auswärts, dabei schreitet aber das Wasser nicht mit, dies bleibt auf seiner Stelle, wie man durch einen auf die Wasserfläche geworfenen Spahn sehen kann, der nicht mit den Wellen läuft, sondern unter welchem das Wasser sich hebt und senkt, indeß er ruhig auf seinem Flecke liegen bleibt; hier ist eine große Aehnlichkeit mit der Verbreitung der Schallwellen, denn ein leichtes Flöckchen einer Flaumenfeder würde auch durch die Schallwelle nicht fortgeführt werden, allein die Art der Wellen ist eine vollständig andere im Wasser und in der Luft. Indeß der Durchschnitt einer Wasserwelle wie eine geschlängelte Linie aussieht, in welcher

Fig. 197.



alle Theilchen auf und ab steigen, so daß die Welle aus lauter sich hebenden und auf derselben Stelle wieder senkenden Theilen besteht (nicht so,

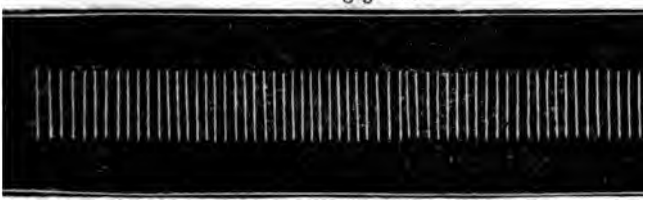
Fig. 198.



daß *ab* höher steigt bis *cd* und dann wieder sinkt bis *ef*, sondern *ab* sich erhebt bis zu dem Querstrich über *b* und dann wieder sinkt bis zu dem Querstrich unter *a*), gehen die Luftwellen in einer geraden Linie (nicht geschlängelt) fort und wellenförmig sind sie nur nach dem Sinne der gerad-

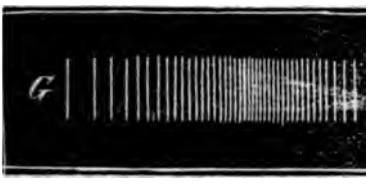
gen Erstreckung durch Verdichtung ihrer Massen, so daß der Durchschnitt r Luftwelle aussehen würde wie Fig. 199, welche die Lufttheilchen in

Fig. 199.



endem Zustande andeutet, Fig. 200 aber die Verdichtung und Verdün- ig, d. h. die Wellen angiebt. In beiden Zeichnungen sind gleich viel

Fig. 200.



fttheilchen, in der oberen stehen sie alle gleich weit von einander, in der teren rücken sie an einzelnen Stellen zusammen, an anderen aus einander. n Lufttheilchen drückt auf das andere und stößt es fort, so wie es aber nen Impuls abgegeben hat, kehrt es zurück zu seinem früheren Stand- nkte, bis es wieder gestoßen wird, selbst wieder stößt und alsdann aber- als zurückkehrt. Der Weg, den die Wellentheilchen des Wassers haben, ht quer auf die Richtung der Verbreitungslinie, die Welle des Wassers uft von *A* nach *B* (Fig. 198), die Wassertheilchen aber gehen von *a* nach auf und ab. Die Luftwelle (Fig. 200) geht von *G* nach *H*, die Lufttheil- en gehen auf demselben Wege in derselben Richtung hin und her.

Dies ist der höchst wichtige Unterschied zwischen Wasser- und Luftwellen. as Wasser hat die Fortbewegung der Luftwellen mit Querschwingungen, Wasserwellen lassen sich daher polarisiren, der Polarisations-Apparat ist ein ieb, durch welches die in der Richtung der Löcher auffallenden Wasserstiftchen rchgehen, indeß die quer auffallenden auf der Siebfläche liegen bleiben; r Schall kann nicht polarisirt werden, weil alle Theilchen in gleicher chtung auf die Siebfläche des Polarisations-Apparates auffallen, also ne Scheidung stattfindet.

Wenn wir diesen wichtigen Unterschied festhalten, so passen alle übrigen rgleichungsmomente vollkommen.

Sich kreuzende Wellen.

Wirft man einen großen Stein auf die ruhende Waſſerfläche, ſo entſteht ein Aufſpritzen der Flüſſigkeit und jeder fallende Tropfen erzeugt ſeine eigenen Wellenkreiſe. Indeſſen nun die großen ununterbrochen quer über das Waſſer laufen, ſieht man auf dieſen Wellen viele hundert kleinere ſich in allen Richtungen kreuzen und durchſchneiden und die großen Wellenkreiſe mit unzähligen kleinen Kreiſen bedecken, welche jedoch eben ſo wie die großen fortlaufen, ohne durch andere geſtört zu werden oder andere zu ſtören.

Dieſe Eigenſchaft, welche wir an den Waſſerwellen wahrnehmen, findet in demſelben Grade auch bei den Luftwellen ſtatt und dies iſt der Grund, warum wir verſchiedene Töne zugleich wahrnehmen können.

Wenn der Klavierſpieler die Tonleiter ſpielt, ſo kommen Wellen verſchiedenen Werthes nach einander an das Ohr und erwecken das Bewußtſein der verſchiedenen Töne in uns, wenn aber ein Accord angeſchlagen wird, ſo kommen auf einmal vier oder ſechs Wellen ganz verſchiedener Art, ſolche die 500, 1000, 1250, 1500, 2000 Schwingungen (Verdichtungen und Verdünnungen) machen, an unſer Ohr; das Trommelfell kann keinen Ton vernehmlich machen, zum Bewußtſein bringen, ohne daß es die ihm (dem Tone) zugehörige Anzahl von Schwingungen mitmache, wenn aber ſechs Töne zugleich erklingen, ſo muß es gleichzeitig die ſämmtlichen Schwingungen annehmen, welche den Tönen entſprechen, dann wird das Trommelfell ausſehen wie die Waſſerfläche, auf welcher man ſchwere, Waſſer umherſpritzende Steine geworfen hat, zu den großen, weit ausſchreitenden Wellen des Grundtons und ſeiner Octave im Baſſe kommen die vielen kleinen Wellen der einzelnen Tropfen, d. h. der höheren Töne, welche Haupttor, Terz, Quinte und Octave des Haupttons darſtellen. Würde man ein Mittel haben, das ſchwingende Trommelfell in ſolchem Augenblick, wo es den Accord empfängt, durch ein Mikroſkop zu beobachten, ſo würde man alle dieſe Wellen ſich auf ſeiner Fläche ſchneiden und durchkreuzen ſehen; leider können wir dies nicht, wir müſſen uns mit dem Erfolge begnügen, allein dieſer iſt vollkommen beweiskräftig.

Zahl der Schwingungen.

In der großen Oper dirigirt der Muſikdirektor. Sein Auge folgt in der Partitur dem Gange der ganzen Tondichtung; es liegen die verſchiedenen Inſtrumente mit ihren einzelnen Leiſtungen unter einander, er über-

lickt dieſelben mit ſicherm Auge, er giebt mit ſeinem Stabe den Takt an, a blitzt dieſes Auge plötzlich im Zorn auf — er ſieht ſich nach dem Cello m, es hat einen falſchen Ton angegeben — ſtatt 1600 Schwingungen at es 1620 Schwingungen gemacht in der Secunde, ſein Ohr, welches alle e anderen Schwingungen gezählt hat, hat auch dieſe gezählt und um 20 viel, d. h. den Ton zu hoch gefunden.

Dies giebt Dove Veranlaſſung zu ſagen: Wenn man einem Virtuoſen verſichert, daß der Zauber der Muſik zuletzt auf längeren oder kürzeren Wellen in einem gewiſſen Verhältniß des Beiſammenſeins und der Aufeinanderfolge beruhe, ſo wird ein ungläubiges Lächeln ſeine Antwort ſein. Der Behauptung, daß das Wohlgefallen am Einklang in der Befriedigung beſtehe, welche uns diejenigen Intervalle gewähren, deren Schwingungsverhältniß ſich durch kleine Zahlen ausdrücken läßt, wird er entgegnen: Kannſt du denn glauben, daß die Seele im Geheimen und dir unbewußt die Schwingungen überzähle und an der wahrgenommenen Einfachheit der Verhältniſſe einen Wohlgefallen finde?"

Beantworte ich dieſe Frage mit Ja, ſo habe ich's, ſelbſt wenn ich mich auf die Autorität eines Leibnitz berufe, welcher die Muſik für eine arithmetiſche Uebung erklärt, für immer mit ihm verdorben, denn was ſoll er von mir für eine Vorſtellung gewinnen, wenn ich ihm eingeſtehe, daß die Begeiſterung, zu der er mich hinreißt, nichts als der Dank dafür iſt, daß das von ihm mir aufgegebene Rechenexempel ſich zuletzt in eine einfache Aufgabe löſt.

Dies klingt ungeheuer proſaiſch und iſt doch vollkommen wahr, denn ein jeder Dreiklang läßt ſich auf einfache Zahlenverhältniſſe zurückführen und nur dadurch, daß dies möglich iſt, wird er zu dem, dem Ohre ſchmeichelhaften harmoniſchen Accord. 100 Schwingungen geben einen gewiſſen Ton, 200 die höhere Octave davon, 150 die Quinte des Grundtons, 125 die Terz deſſelben. Die Zahlen 100 und 200 verhalten ſich wie 1 zu 2, man kann kein einfacheres Zahlenverhältniß finden, wenn man nicht 1 zu 1 auch ein Verhältniß nennen will. 1 zu 2 iſt aber das Verhältniß des Grundtons zur Octave; 100 zu 150, auf die einfachſten Zahlen zurückgeführt 2 zu 3, iſt die Quinte; das Verhältniß von 100 : 125 (d. h. 4 mal 25 zu 5 mal 25) oder von 4 zu 5 iſt das der Terz.

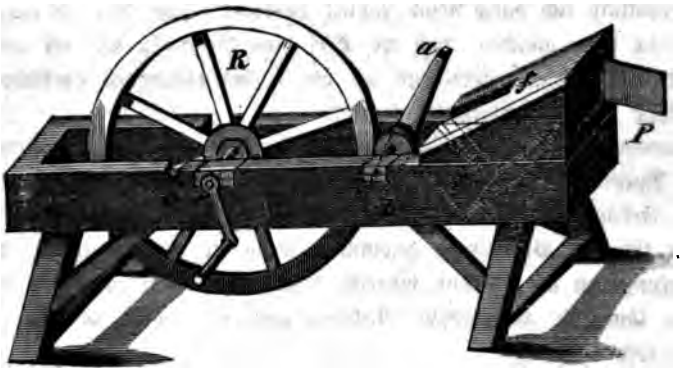
Iſt die Anzahl der Schwingungen des tönenden Körpers eine ſolche, daß ein Verhältniß wie das angegebene ſich nicht vollkommen herſtellen läßt, ſo giebt es keinen Dreiklang, keine Harmonie, ſondern eine Disharmonie und es gehört ganz wenig dazu. Statt 100 zu 125 nehme man 101 zu

125, so ist die Reduction auf eine einfache Zahl ganz unmöglich und dann hört das Ohr nicht eine Terz, sondern einen Mißklang.

Die Speichenstrene.

Wenn die Leser dies nicht glauben, wenn sie überhaupt nicht glauben, daß Töne auf diese Weise entstehen, so muß ich Sie schon mit der einfachsten Art, Töne zu erregen, bekannt machen, es ist zugleich die mächtigste. Die Töne sind von einer beinahe furchtbar zu nennenden Stärke und sie besiegen alle anderen gleichzeitig erregten.

Fig. 201.



Die Leser sehen in der Fig. 201 ein Gestell mit einem Rade R, welches durch die Kurbel drehbar und dessen Axe durch die kleine Schraube v so zu verschieben ist, daß man den Druck des Rades auf den Trieb des tongebenden Werkzeuges ab reguliren kann. Dies ist ein bloßes Speichenpaar in der Mitte mit einer Axe versehen, an welcher eine Scheibe steckt, die mit dem Rade R in Berührung kommt. Das kleine wie das große Rad ist auf dem äußersten Umfang mit einem rauh gemachten Lederriemen bezogen und die Räder drücken mäßig auf einander, so daß wenn R gedreht wird, ab sich im Verhältniß des Durchmessers seiner Scheibe zu dem Durchmesser des Rades öfter umdreht. Hat die Scheibe 4 Zoll im Durchmesser, das Rad aber 2 Fuß und 8 Zoll, so wird bei einer Umdrehung des Rades die Scheibe sich 8 mal umdrehen.

Der Rahmen des Gestelles trägt einen schrägen, pultartigen Kasten, in dessen Deckel ein Einschnitt f gemacht ist, gerade groß genug, um die Speichen hindurch zu lassen. Vorn an der höheren Stelle des Pultes ist

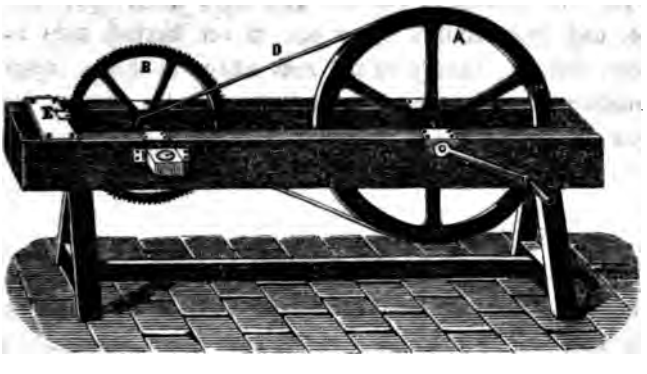
: Thüre *P* angebracht, um den Luftzutritt zur Verbreitung des Schalles geſtatten.

Wenn man nun das Rad umdreht, ſo daß es in einer Secunde einen ılauf macht, alſo die Speichen 16 mal durch den Einſchnitt *f* gehen (jede eiche 8 mal), ſo hört man einen ſonoren, tiefen Ton und mehr als eine tave tiefer als der tiefſte Orgelton, aber bei ſeiner Tiefe iſt er ſo donnerlich ſtark, daß man weder den Klang der ſtärkſten Regiſter einer Orgel, h ſeine eigene Stimme hört. Die Erregung dieſes mächtigen Tones rt doch ganz offenbar von dem Zuſammendrücken und Loslaſſen der Luft , denn ein anderer Vorgang findet nicht ſtatt.

Die Radſirene.

Noch klarer und unzweifelhafter wird dies durch die Radſirene, welche ich der vorigen von dem franzöſiſchen Gelehrten Savart erfunden worn iſt und welche, wie die Fig. 202 zeigt, dem vorhin beſchriebenen Apparat hr ähnlich iſt, doch in der Tonerregung davon abweicht. *A* iſt ein mehrere uß großes Rad, welches durch den Schnurlauf *D* ein kleineres metallenes ad *B* in Bewegung ſetzt, an deſſen Umkreis in gleichen Entfernungen von inander Zähne eingeſchnitten ſind.

Fig. 202.



An der Axe des Zahnrades *B* iſt ein Uhrwerk *H* angebracht, welches ſtattet, daß man die Zahl der Umdrehungen in einer gewiſſen Zeit genau len kann.

Auf die Querleiſte *E* legt man eine Viſitenkarte oder eine ſchwache ahlfeder, kurz einen elaſtiſchen Körper, der dünn genug iſt, um einem

ſchwachen Drucke nachzugeben und der nach aufhörendem Druck wieder i
ſeine vorige Lage zurückkehrt.

Sobald man durch Drehung des großen Rades *A* das kleine *B* i
Bewegung ſetzt, gehen die Zähne deſſelben an der Karte *E* vorbei, jed
derſelben faßt ſie und drückt ſie nieder, ſobald ſie losgelaſſen wird, inde
der Zahn vorbei iſt, ſpringt ſie durch ihre Elaſticität auf, wird aber ſoglei
wieder von dem nächſten Zahn erfaßt u. ſ. w.

Hierdurch hat man es in ſeiner Gewalt, ein Luftſtückchen, der Grö
der von dem Rade in Bewegung geſetzten Ecke der Karte entſprechend, i
oft zuſammenzudrücken und auszudehnen als man will und hierdurch en
ſtehen ganz deutliche, muſikaliſche Töne, wenn ſchon dieſelben nicht ſchön ſin

Der Zähler giebt nun die Möglichkeit, die Anzahl von Drehungen de
Rades, und da man die Menge der darauf eingeſchnittenen Zähne kenn
auch die Anzahl von Schwingungen, welche die Karte oder an ihrer Stell
die Feder, welche man bei *E* feſthält, macht, genau zu ermitteln, und hieran
erfährt man, daß 300 Schwingungen in einer Secunde höchſt genau die tiefer
Octave eines Tones geben, der durch 600 Schwingungen erzeugt wird
und es iſt auf dieſe Art möglich, jedes andere Tonverhältniß hervorzubringe
und dabei die Anzahl der Schwingungen, welche erforderlich ſind, genau
zu zählen.

Hier wäre auch für den Ungläubigſten ſchon eine Ueberzeugung zu ge
winnen, daß die erſchütterte Luft der tongebende Körper ſei, allein da die
Stahlfeder doch ihren Antheil daran hat, iſt der Verſuch nicht vollkommen
rein, zudem ſind die Töne durchaus nicht ſchön, ſie haben etwas unange-
nehm ſchwirrendes an ſich, welches den Laien bewegen wird zu ſagen: „das
iſt gar kein muſikaliſcher Ton, Beweiſe auf ſolche Art geführt ſind keine
Beweiſe.“

Die Lochſirene.

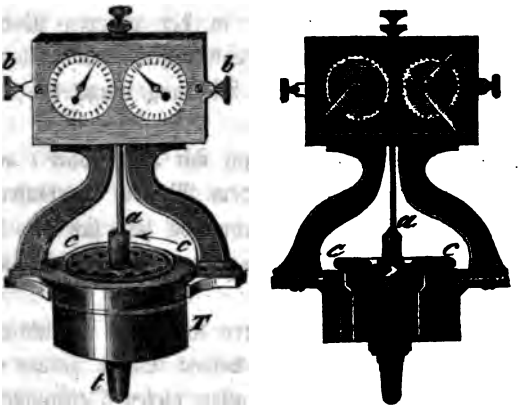
Obſchon dies ganz unrichtig iſt und ein Ton, er möge nun einer Glas
harmonika oder einem fallenden Kupferdreier ſeinen Urſprung verdanken
immer ein Ton bleibt, ſo wollen wir doch Cognard Latours' Lochſiren
anführen, bei welcher nun nichts weiter als die vibrirende Luft den To
erzeugt.

Die Fig. 203 (S. 17) zeigt dieſelbe in einem Viertel der natürliche
Größe, links von der Vorderſeite, rechts von der Rückſeite und im thei
weiſen Durchſchnitt.

T iſt eine Trommel von Meſſing, welche oben einen etwas ſtärkere

nd hat, auf dem sich zwei Arme erheben, ein Uhrwerk *b c* tragen, welches timmt ist, die Umdrehungen einer Scheibe zu zählen. Diese Scheibe sieht

Fig. 203.



an den oberen Deckel einer kleinen Trommel oder Dose bilden, zwischen *c* nd *c*, woselbst der Pfeil auch die Richtung der Drehung angiebt. Die Scheibe at eine beliebige Anzahl Löcher auf ihrem Umfange, in der Mitte aber rägt sie einen Stift *a*, welcher, wie man in der zweiten Figur sieht, oben ine sogenannte Schraube ohne Ende, eine Schnecke hat, deren Windungen n die Zähne des Rades *r* eingreifen und dasselbe bei jeder Umdrehung er Scheibe um einen Zahn vorwärts befördern. Bei einer vollständigen Umdrehung dieses Rades wird nun das Rad *s* um einen Zahn weiter eschoben und auf diese Weise kann man an den Zeigern, welche die Figur nks zeigt, sehr genau zählen, wie viele Umdrehungen die Scheibe *c c* ge- acht hat.

Die Dose hat einen doppelten Deckel, unter dem sichtbaren *c c* steht in anderer verborgen und fest mit der Dose verbunden. Indeß der untere Deckel befestigt ist, hat der obere auf der Axe *a* und mit derselben die ichteste Beweglichkeit. Beide Deckel sind mit einer gleichen Anzahl von öchern und in ganz gleichen Entfernungen durchbohrt; es kommt sehr viel arauf an, daß diese Entfernungen wirklich vollkommen gleich sind und daß uch die Löcher gleich groß sind. Ueberdies aber müssen die Löcher schräg ebohrt sein, so daß der Bohrer mit der Platte während der Arbeit nicht nen rechten Winkel, sondern einen spitzen machte, die Schrägung dieser ohrlöcher muß ferner in der unteren feststehenden Platte eine gleichbleibende ber beliebige Richtung haben, in der oberen ist die Richtung der Löcher

nicht beliebig, sie muß die entgegengesetzte der Löcher der unteren Platte sein. Die Figur rechts wird dieses versinnlichen, bei *o*, welches in dem schwarzen Raum des unteren Theiles der Figur zu suchen ist, sieht man die beiden Deckelplatten durchschnitten und zwar so, daß auch gerade ein Loch in jeder Platte durchschnitten ist; in der unteren Platte, welche fest steht, geht die Richtung der Bohrung von unten links nach oben rechts, in der oberen beweglichen Platte geht die Richtung umgekehrt von unten rechts nach oben links.

Die Trommel *T* ist hohl und kann mit dem Rohre *t* auf einen Blaseapparat gesetzt, allenfalls auch mit dem Munde angeblasen werden, nur giebt das letztere keinen constanten Strom, es läßt sich also das Experiment zwar machen, jedoch sehr unvollkommen und nicht so, daß man etwas messen könnte.

Wenn nun in das Rohr *t* geblasen wird, so verdichtet sich darin die Luft und stehen die Oeffnungen der beiden Deckel gerade über einander, so entweicht die Luft gleichzeitig aus allen diesen Oeffnungen, da sie aber in schräger Richtung auf die Wände der Bohrlöcher der oberen beweglichen Scheibe drückt, so drückt sie diese zur Seite und die Scheibe fängt an, sich um ihre Axe zu drehen. Natürlich kommen dadurch die Löcher in der oberen Scheibe über die geschlossene Stelle der unteren zu stehen, und wenn das Beharrungsvermögen nicht wäre, so würde nun die Scheibe stillstehen, allein durch dieses Vermögen setzt sie ihren Weg über die todten Punkte fort und alsbald trifft ein neuer Luftstrom aus jeder Oeffnung der unteren Platte auf jede ihr gegenüberstehende Wandung der Bohrlöcher der oberen Scheibe und in Folge dessen geht die Bewegung nun etwas schneller vor sich.

Wenn nun jede der Platten 25 Oeffnungen hat, so wird der Stoß auf alle 25 bei jedem 25sten Theil der Umdrehung wiederholt, oder, was dasselbe ist, er wird bei einer ganzen Umdrehung der Scheibe 25 mal wiederholt.

Die Platten sind kaum eine Linie dick; daß die Luft also hier in der Art tönen kann, wie bei einem hohlen Schlüssel, in welchen man hineinbläst, wie bei der Panflöte, davon kann keine Rede sein; dennoch läßt sich, sobald die Schnelligkeit der Umdrehung einen gewissen Grad erreicht hat, ein äußerst schöner Ton hören, welcher höchst kraftvoll und sonor ist, dessen Höhe mit der Schnelligkeit der Umdrehungen steigt, oder, wenn sie langsamer werden, sinkt und den Beweis liefert, daß lediglich die kleinen Partikeln Luft, welche die Löcher füllen und abwechselnd in Bewegung gesetzt werden und ruhen, Töne mächtigster und lieblichster Art erzeugen.

Verbeſſerungen des Apparates.

Profeſſor Dove hat dieſen Apparat ſehr vervollkommnet, indem er der beweglichen wie auf der ruhenden Platte vier Reihen Löcher ren läßt, welche, in concentriſchen Kreiſen vertheilt, ſolche Zahlenver- tniſſe haben, daß ſie einen reinen Accord geben; hat alſo der äußerſte ßte Ring 24 Oeffnungen, ſo muß der zweite 18, der dritte 15, der rte 12 haben. Der innerſte Ring giebt dann den Grundton, der äußerſte Octave an, zwiſchen beiden von innen herausgezählt Terz und Quinte.

Es müſſen nicht gerade dieſe Zahlen ſein, man kann daſſelbe machen t 32, 24, 20 und 16 Oeffnungen, dieſe verhalten ſich auch vollkommen nau ſo zu einander, wie die obigen: 16 : 20 = 12 : 15 = 4 : 5 oder : 32 = 12 : 24 = 1 : 2; allein dieſe Verhältniſſe müſſen eingehalten rden, ſonſt erhält man keinen Accord, ſondern einen Mißklang. Wenn n 25 ſtatt 24 ſetzt, laſſen ſich die Zwiſchenſtufen nicht geben, die Octave von müßte im Verhältniß von 2 zu 1 ſtehen, dazu iſt aber 12 zu klein d 13 zu groß. Eben ſo läßt ſich das Verhältniß der Quart des tieferen nes (gleich der Quinte des höheren) nicht geben, denn 25 läßt ſich nicht theilen, daß das nächſte Intervall 3 Antheile der ganzen Schwingungs- zahl hat, 18 als $\frac{3}{4}$ von 25 iſt zu klein und 19 iſt zu groß.

Hierauf hat man bei der Bohrung der Löcher zu ſehen. Die Dove'ſche irene iſt nun zum Angeben des harmoniſchen Dreiklanges vollkommen geſtimmt, d. h. richtig gebohrt, um aber jeden der vier Töne geben zu nen, bedarf man noch einer beſonderen Vorrichtung.

Im Innern der Sirene liegen zunächſt der mit Löchern verſehenen ten Decke vier concentriſche, äußerſt dünne meſſingne Ringe mit eben ſo elen Löchern als die feſtſtehende Platte in jeder Abtheilung hat. In der egel ſtehen dieſe Ringe ſo, daß ihre Oeffnungen gerade auf die gefüllten viſchenräume treffen. Durch einen Druck von außen kann man aber jeden eſer Ringe einzeln um eine ſolche Weite verſchieben, daß ſeine Oeffnungen ch vollkommen auf die Oeffnungen der feſtſtehenden Platte kommen. Nun- ehr hat man es in ſeiner Gewalt, einen Ton oder mehrere Töne, endlich le vier gleichzeitig ertönen zu laſſen. In dieſem Falle hört man außer n eigentlichen Accord noch den ſogenannten tartiniſchen Ton, nämlich durch s Zuſammentreffen der Quinte mit dem Grundton eine Anzahl von chwingungen, welche die Octave des Grundtons hervorrufen: treffen z. B. 2 Vibrationen mit 288 zuſammen, ſo hat man Grundton und höhere uinte; von dieſen treffen zwei Schwingungen zuſammen, je die vierte der

einen und die sechste der anderen Anzahl. Aus dieser Combination entspringt ein neuer Ton, der, obschon er tiefer ist als beide anderen, die ihn erzeugen, doch eben so laut klingt, da jeder der Schläge, der Pulsationen, die ihn erzeugen, ein doppelter ist.

Auch hier wie in der ganzen Anordnung ist nicht zu verkennen, daß der Ton lediglich durch Vibration einer überaus kurzen Luftsäule hervorgebracht wird und dieses darzuthun, war der Zweck des bisher Gesagten.

Die Visharmonika.

Die Töne, welche so erzeugt werden, sind überaus schön, ja man kann beinahe sagen, es sind die schönsten, die bis jetzt erreicht worden sind. Die sogenannte Visharmonika beruht lediglich hierauf und dasjenige, was als neue Erfindung vor etwa 20 Jahren auftauchte, die Mundharmonika, aus welcher die Ziehharmonika geworden, ist nichts als eine Entwürdigung des vollkommen schönen oben genannten Instruments. Jeder Ton desselben wird dadurch angegeben, daß ein gleichmäßiger Luftstrom durch eine lange schmale Oeffnung geht, in deren Mitte eine sehr schwache, federnde Metallzunge, durch den Luftstrom in Vibration gesetzt, die Oeffnung bald schließt, bald frei läßt.

Die Feder an sich giebt keinen Ton, das Schwirren, welches man vernimmt, wenn man sie durch den Finger schnellend in Bewegung setzt, ist kein Ton, auch läßt sich dieses Schwirren nur hören, wenn im ersten Augenblick des Anschlagens die Feder sehr weite Schwingungen macht, sobald diese vorüber sind, hört auch das schärfste Ohr nichts davon, indeß dieselben unhörbaren Schwingungen durch das Anblasen der Oeffnung, in der die Feder schwingt, einen sonoren und zugleich ungemein lieblichen Ton vermitteln, der wiederum bei aller Lieblichkeit, welche die der schönsten menschlichen Stimme weit hinter sich läßt (daher dies Instrument gar nicht zur Begleitung des Gesanges brauchbar), doch eine solche Kraft hat, daß das Instrument für eine mäßig große Kirche die Orgel ersetzt, wie es denn überhaupt durch die Natur seiner Töne sich zum getragenen, gebundenen Choralstyl ausschließlich eignet, zur Durchführung von Tänzen aber gar nicht brauchbar ist.

Die Orgelpfeife.

Haben wir in dem Vorigen bewiesen, daß schnell genug auf einander folgende Lufterschütterungen Töne mannigfaltigster Art hervorbringen können,

ollen wir nunmehr zeigen, wie dieſes Wiſſen practiſch angewendet, zur t werden kann.

Fig. 204.

Wohl ein Jeder hat die hölzerne Pfeife eines Leierkaſtens, einer Orgel geſehen, wie dieſelbe durch die nebenſtehende Fig. 204 dargeſtellt wird. Wir erblicken einen viereckigen, länglichen Kaſten, gleichviel von welchem Material (in der Theorie, denn die practiſche Ausführung fordert allerdings eine ſorgfältige Auswahl des Materials, für den Charakter des Tones, für den Klang, die Färbung, den Schmelz — lauter Ausdrücke, welche zeigen, wie man nach einem paſſenden geſucht hat, ohne ihn zu finden — iſt das Material von größter Wichtigkeit, eine Pfeife von Cedernholz klingt viel ſanfter als eine ſolche von Zinn und eine Pfeife von Meſſing giebt einen ſchneidenden Ton, wenn ſchon alle drei elben Ton angeben; für die Theorie aber iſt das Material gleichgültig, nicht dies, ſondern die eingeſchloſſene Luft der tongebende Körper iſt), n unten eine breite Oeffnung *A*, welche der Mund heißt und ſehen er bei *T* ein Rohr, durch welches die Luft eintreten kann, um den Ton decken.

Es handelt ſich bei der Pfeife darum, die Luftſäule, welche in dem en eingeſchloſſen iſt, zum Vibriren zu bringen. Bei einer Darmſaite ieht dies durch einen Violinbogen, deſſen mit Harz beſtrichene Haare er Saite haften und beim Streichen dieſelbe unaufhörlich ziehen und ſſen, wieder ziehen und loslaſſen; bei einer Luftſäule muß der Violin-n, der Streichapparat wieder Luft ſein und die Vibration wird in fol-er Art bewerkſtelligt:

Bei der Hauptfigur ſieht man bei *A* eine Schrägung der einen Pfeifen-d, ſie heißt das obere Labium; darunter ſpringt ein Querſtück von etwas vor, dies heißt das untere Labium. Zwiſchen dieſen beiden en befindet ſich eine Oeffnung (der Mund), welche zu dem hohlen m innerhalb der vier Wände der Pfeife führt. Allein eben dort iſt eine zweite Oeffnung verborgen, welche die Figur daneben zeigt. Hier t wir, auf welche Weiſe das Rohr *t* mit einem hohlen Raum von ckiger Geſtalt unter der Pfeife communicirt. Bläſt man bei *t* hinein, amm die in dieſem Raum zuſammengepreßte Luft nirgends entweichen aus der oberen Spitze des Dreiecks, d. h. aus einer ſehr ſchmalen

Spalte, welche hinter dem unteren Labium der Pfeife verborgen, in der Figur links aber im Durchschnitt zu sehen ist.

Diese Spalte steht genau senkrecht unter *A* oder *a*, der Zuschärfung, der Schrägung der vorderen Wand der Pfeife. Der Luftstrom, welcher aus der Spalte getrieben wird und sich sofort ausbreitet, wie bei *a* zu sehen, dringt zur Hälfte in die Pfeife, zur Hälfte geht er an der Schneide der oberen Lippe vorbei. Dieses Eindringen und Vorbeigehen aber findet nicht in einem gleichmäßigen Zuge statt. So wäre es, wenn man von dem oberen Labium zum unteren ein Stück Pappe über die ganze Oeffnung legte, dann ginge alle Luft umgetheilt in die Pfeife und dann ginge eben so die Luft in der Pfeife aus der oberen Oeffnung hinaus, aber es entstände kein Ton; da aber die Luft sich an der oberen Lippe der Pfeife stößt, so geht sie ruckweise, stoßweise in die Pfeife, aber in so kurzen Intervallen, daß sie dadurch nicht die Luft aus der Röhre vertreibt, sondern nur zusammendrückt und wieder losläßt, dies Spiel aber in solcher Häufigkeit wiederholt, daß daraus ein Erzittern der ganzen Luftsäule entsteht.

Ein ganz ähnliches Erzeugen dieses Bebens der Luft findet statt, wenn der Wind durch einen entlaubten Baum, durch die Takelagen eines Schiffes saust und würde man solch eine gespannte Schnur, welche vom Winde in Schwingungen gesetzt wird, als Streichinstrument einer Orgelpfeife anwenden, so würde man gleichfalls Töne erlangen, allein dies wäre etwas zu umständlich und so bleibt man natürlich lieber bei der leichteren und gewöhnlichen Art.

Luftvibrationen sichtbar.

Daß ein solches Erzittern der Luft stattfindet in der Pfeife, kann man auf zweierlei Art sichtbar machen. Vor allen Dingen muß die Pfeife aus einem hinlänglich weiten Glasrohr oder aus vier länglichen schmalen Glastafeln bestehen, so daß man sehen kann, was darin vorgeht. In solch eine Pfeife bläst man recht dicken Tabacksrauch, indem man die obere Oeffnung an den Mund hält und den Qualm langsam hineintreten läßt.

Ist nunmehr die ganze Röhre mit Rauch gefüllt, so bläst man mit dem Munde oder einem Blasebalg Wind in die untere Oeffnung, in das Rohr *t* der Fig. 204 und es wird dadurch der Rauch nicht aus der oberen weiten Oeffnung getrieben werden, wohl aber wird man die Luft oder vielmehr die Rauchtheilchen um so deutlicher sich bewegen sehen, je größer die Pfeife ist, je langsamere Schwingungen also die Luft macht. Die andere gleichfalls höchst zweckmäßige Methode ist beinahe noch lehrreicher.

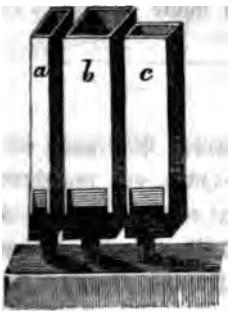
Wenn man die gläſerne offene Pfeife auf einem Gebläſe ſtehen hat und ſie im ununterbrochenen Tönen iſt, ſo pudert man Bärlappſamen aus einem Mouſſelinbeutelchen auf die obere Oeffnung, doch aus ſolcher Entfernung, daß dadurch der Ton nicht verändert wird.

Sobald der Staub die obere Mündung berührt, ſinkt er deutlich ſichtbar ruckweiſe hinein, ſo daß er eine Strecke hineingezogen wird, dann ſtill ſteht, dann wieder eine Strecke weiter rückt, dann wieder ſtill ſteht, natürlich in einer ſolchen Schnelligkeit, daß das Leſen, wie dies geſchieht, keinen Begriff von der Sache giebt, doch bei einer Pfeife von 4 Fuß Länge iſt es auf das allerdeutlichſte zu ſehen, indem die Hälfte der Strecke im Innern der Röhre mit etwa 250 Abſätzen in einer Secunde erreicht wird, worauf in der nächſten Secunde die andere Hälfte ſich mit dem Staube füllt. Wenn durch die Blaſevorrichtung der Ton im lauten Anſprechen erhalten wird, ſo kann man dieſes Vibriren lange Zeit verfolgen.

Aeußere Form der Pfeifen.

Bei den Tönen, welche eine Orgelpfeife giebt, kommt es lediglich auf die Länge des Rohres von dem unteren Labium bis zur oberen Oeffnung an, nicht auf die äußere Form. Wenn die drei Pfeifen *a*, *b* und *c* gleich lang ſind, ſo iſt es ganz gleichgültig, daß *a* dreimal ſo breit als dick, *b* doppelt ſo breit als dick, *c* aber ganz quadratiſch im Durchſchnitt iſt, die Pfeife dürfte auch einen kreisförmigen Durchſchnitt (wie dies bei den Metallpfeifen immer der Fall iſt) oder ſonſt eine beliebige Geſtalt haben, es hat dies auf die Höhe des Tones gar keinen Einfluß. Iſt aber wie bei *c* (Fig. 205) die Tiefe der Luftſäule ſehr viel geringer, ſo wird allerdings der Ton dadurch höher.

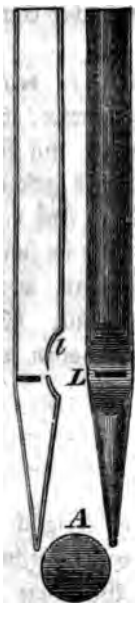
Fig. 205.



Anders aber iſt es mit der Stärke und der Rundung des Tones, dieſe hängt mit von der Geſtalt der Pfeife, vor Allem aber von der Maſſe, aus der ſie gefertigt iſt und von dem Verhältniß ihrer Länge zur Breite ab.

Bei den Pfeifen von cylindriſcher Geſtalt bedient man ſich einer anderen Labialbildung als bei viereckigen; die Fig. 206 auf der folgenden Seite verſinnlicht dies. Stellen wir uns unter der Figur rechts nicht eine hohle Röhre, ſondern einen runden Stab wie einen Bleiſtift vor, ſo ſind die beiden Labien oder Lippen ſo geſtellt, als ob man mit einem Federmeſſer einen Spahn herausgeſchnitten hätte; die Zeichnung giebt dies von zwei

Fig. 206.



Seiten an, bei *L* ſieht man den Schnitt von vorn, bei *l* von der Seite, man ſieht auch die Stelle, wo derſelbe angebracht wird. Die Röhre iſt nämlich unten kegelförmig und wird erſt von da ab cylindriſch, wo ſie zu tönen beginnen ſoll. An dieſer Stelle, wo der Kegel, deſſen dünneres Ende in den Windkaſten geſteckt wird, aufhört und der Cylinder anfängt, ſind die beiden Körper durch eine Scheibe *A* von einander getrennt, der größere, hell ſchattirte Theil liegt innerhalb des Rohres, die vordere ſchmalere von jener durch einen ſchwarzen Strich getrennt, iſt als das herabhängende untere Labium zu denken. Der ſchwarze Strich ſelbſt iſt der ſchmale Spalt (ſ. die Figur links), welcher der in dem kegelförmigen Theil zuſammengepreßten Luft geſtattet, zu entweichen und durch das Anſchlagen an den ſchmalen Streifen *l* des oberen Labiums die vibrirende Bewegung der Luft in der Säule hervorzurufen. Es iſt, wie wir ſehen, ganz daſſelbe wie bei den viereckigen Pfeifen und nur eine geringe Veränderung der cylindriſchen Form wegen nöthig geworden, im Prinzip iſt nichts geändert.

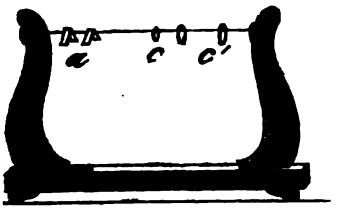
Transverſalſchwingungen.

Wir haben geſehen, daß tönende Körper in zitternder Bewegung ſind, ſo lange ſie klingen, wir können uns hiervon auch noch auf mancherlei Weiſe überzeugen. Wenn man eine Glasglocke *A*, wie man ſie zur Bedeckung einer Uhr braucht, ja wenn man ein großes Bierglas durch Anſchlagen zum Tönen bringt und ein Schrotkügelchen, das an einem Faden *i* hängt, in der Nähe der Mündung der Glocke mit dieſer in Berührung bringt, ſo wird man während des Tönens derſelben das Kügelchen ſehr deutlich klirren, daran hundertfältig anſchlagen hören, welches nicht geſchehen könnte, wenn die tönende Glocke bei dieſen Tönen in Ruhe wäre. Klingt die Glocke nicht, ſo hängt das Kügelchen bewegungslos daneben.

Fig. 207.

Wenn man über irgend ein Geſtell (ſ. die Fig. 208, S. 25) einen Draht oder eine Darmſaite ſpannt (ein umgekehrter Tiſch thut daſſelbe, wenn

n zwischen zwei am weitesten von einander entfernten Füßen eine solche
nte knüpft), scharf genug, daß diese einen Ton giebt, auf dieser Saite
Fig. 208.

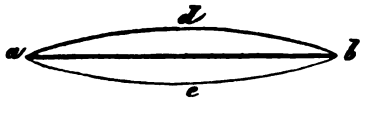


aber Ringe von Metall (Gardinenringe) $c\,c'$ oder schmale Streifchen Papier a hängt, so wird man beim Anschlagen der Saite die Ringe klirrend darauf springen hören und die letzteren werden herabgeworfen werden.

Ja das bloße Gefühl überzeugt uns von solcher Vibration, wenn wir eine anschlagene Stimmgabel leise mit den Fingern berühren. Das Beben derben ist so deutlich bemerkbar, daß es zartnervigen Personen sogar eine angenehme Empfindung macht, ihre Nerven aufregt.

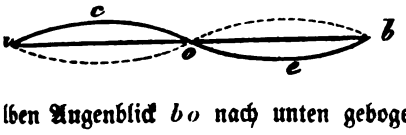
Wenn hierdurch bewiesen ist, daß tönende Körper wirklich vibriren, so doch noch nicht gezeigt, wie sie vibriren.

Mit sehr langen Saiten, d. h. eigentlich mit gespannten Schnüren von 0—12 Klafter Länge, ist dies ziemlich leicht zu zeigen. Ist solch eine Schnur gespannt, und giebt sie einen Ton, so wird man sehr deutlich sehen, daß dieselbe einen großen Bogen nach jeder Seite beschreibt. Die Entfer-
Fig. 209.



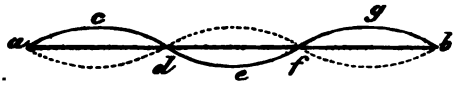
nung von c nach d nennt man die Excursion. Zwischen diesen Grenzen schwankt sie, so lange der Ton dauert, hin und her, viel schneller als daß man die einzelnen Schwingungen sehen könnte, ch nimmt man die Summe derselben sehr wohl wahr, die Saite scheint breit zu werden als der Zwischenraum $c\,d$. Die Excursionen werden mer schwächer, endlich verschwinden sie ganz und der Ton hört auf.

Wenn man eine solche gespannte Schnur in der Mitte festhält und e eine Hälfte zum Tönen bringt, so schwingt alsbald die andere Hälfte it, aber im entgegengesetzten Sinne. Die ausgezogene Linie deutet so wie
Fig. 210.



die punktirte Linie diejenige Stellung an, welche die beiden Theile der Seiten gleichzeitig haben, ist $a\,o$ nach oben gebogen, so ist in demlben Augenblick $b\,o$ nach unten gebogen und umgekehrt. Sieht man jedoch e Gesammtheit der Schwingungen an, so nimmt man nichts anderes wahr s daß die obere Fig. 209 sich hier verdoppelt zeigt, statt einer schwingenden eite hat man hier zwei, welche halb so lang sind als die oberen. Der nkt o, welcher ruht, heißt der Knotenpunkt.

Fig. 211.



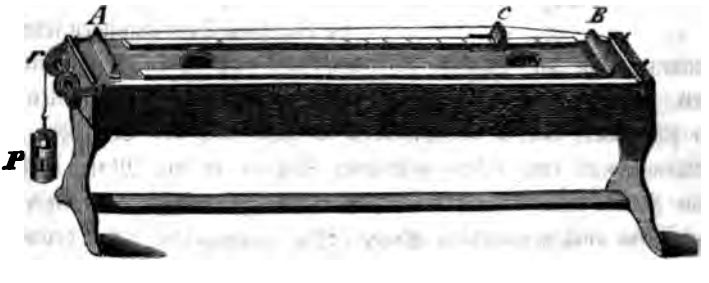
Wird die Sehne *ab* zweimal in gleichen Abständen unterstützt, so daß drei gleiche Saitenlängen entstehen, so sieht man die Saite in drei verschiedenen Abtheilungen ihre Excursionen machen und man hat alsdann die Knotenpunkte *d* und *f*, wird die Theilung noch weiter getrieben, so erhält man drei und mehr Knotenpunkte.

Hierbei findet das höchst Merkwürdige statt, daß der Experimentator nur eine Abtheilung zu machen braucht und die anderen sich von selbst machen.

Das Monochord.

Im Kleinen, auf eine sehr anschauliche Weise, wird dies Experiment in allen seinen Abänderungen durch das Monochord gemacht, ein Instrument, dessen Wichtigkeit wir erst bei den Verhältnissen der Töne zu einander kennen lernen werden. (Es sollen diese Verhältnisse und das sie erläuternde Instrument von Pythagoras erfunden worden sein.) Hier dient dasselbe nur zur Veranschaulichung der Art, wie man die Schwingungen auch mit Saiten von 4 Fuß Länge zeigen kann.

Fig. 212.



Ueber den Kasten *AB*, welcher auf zwei Füßen steht, wird eine Saite gespannt, indem man an dem einen Ende *B* dieselbe mittelst eines Stiftes befestigt, an dem andern Ende aber über eine Rolle *r* gehen läßt und durch ein Gewicht spannt; die Saitenlänge zwischen den beiden Stegen *A* und *B* ist nach irgend einem Maßstabe in gleiche Theile getheilt und ein dritter Steg *c*, ein wenig höher als die beiden andern, ist beweglich, kann zur Unterstützung der Saite an beliebige Punkte gerückt werden.

Daß der Kasten übrigens mit Resonanzboden und Schallöchern ver-
en, wie die Figur zeigt, schadet zwar nichts, hat aber auch keinen Vor-
il, denn man will ja nicht liebliche, glockenartige Töne, man will über-
pt Töne hervorbringen, gleichviel welche, wenn man daran nur die Ge-
e der Tonfolge und der Schwingungen erkennen kann. Gewöhnlich sind
rigens mehrere Saiten von gleichem Material und gleicher Stimmung
er die Stege *A* und *B* gespannt.

Benutzt man den Steg *c* gar nicht und hängt man über die ganze
aite sogenannte Reuterlein, d. h. Papierschnitzelchen von $^1/_{10}$ Zoll Breite
d $^1/_2$ Zoll Länge, welche in der Mitte zu einer Gabel gebogen sind, so
egen alle in dem Augenblick, wo man die Saite zum Tönen bringt,
runter.

Setzt man den Steg *c* genau in die Mitte der Saite und hängt man
f die eine Hälfte ein Dutzend Reuterlein und streicht man nun die
dere Hälfte mit einem Violinbogen an (oder bringt man sie auf eine sonst
liebige Weise zum Tönen), so fliegen die Reuterlein auch von dem Theil
r Saite herab, welcher nicht gestrichen worden ist.

Setzt man den Steg bei $^1/_3$ der Länge unter und behängt man nun
e Saite mit Reuterlein, deren einer aber ganz genau auf der Stelle
s zweiten Drittels der Saite hängt, so wird, sobald man die
aite bei dem abgeschnittenen Drittel streicht, die ganze Masse der Reuter-
n von den andern zwei Dritteln herunterfliegen, nur der eine Reuter,
lcher genau auf der andern Abtheilungsstelle ruht, bleibt an seinem
te sitzen.

Wenn man den Steg *c* gerade unter $^1/_4$ der Saitenlänge stellt und
nmehr das Experiment wiederholt, so werden 2 Reuterlein sitzen bleiben,
e ihre Stellen werden gerade die beiden andern Theilungspunkte sein,
rch welche die Saite in vier Abtheilungen zerlegt wird.

Man sieht an diesem Experiment dasjenige, was das früher beschrie-
ne mit dem gespannten Seil im Großen zeigte. Es schwingt entweder
e Saite im Ganzen oder in Abtheilungen, und wenn eine Abtheilung
elche jedoch in dem Ganzen gerade aufgehen muß) künstlich gemacht
rd, so machen sich die anderen von selbst, und den Abtheilungen entsprechen
nn auch die Töne, so daß wenn die Saite ganz schwingt, der Grundton
scheint, der tiefste den sie geben kann, daß bei einer Abtheilung (bei der
übirung) die Octave und bei drei Abtheilungspunkten (d. h. wenn die
aite in Viertel getheilt wird) die Doppeloctave gehört wird.

Schwingungsknoten der Luftsäulen.

Es lassen sich diese Schwingungsknoten der tönenden Körper auch bei Luftsäulen bemerklich machen. Fig. 213 zeigt zwei Pfeifen, von denen die erste ein bewegliches oberes Labium *L* hat, dessen Stellung zu dem unteren bewirkt, daß der Luftstrom, durch den die Pfeifen ansprechen, mehr oder minder scharf ist. Wenn das obere Labium in einer gewissen Entfernung von dem unteren ist, hört man denjenigen Ton, welcher der Länge dieser Pfeife zusteht.

Fig. 213.

Durch Verkürzung dieses Zwischenraums vom oberen und unteren Labium wird nach und nach der Ton schwächer, bis er endlich in die höhere Octave überschlägt, alsdann hat man die Anzahl der Lufterschütterungen, die Wellenstöße in der Röhre verdoppelt und dies bringt die Erhöhung des Tones hervor.

Ein solches Experiment wird in der Regel mit einer offenen Pfeife, deren Labium feststehend ist, wie bei der Figur rechts auf unserm Bilde, nicht gelingen, wenn man einen constanten Luftstrom hat; bläst man jedoch mit dem Munde und kann man hiermit den tiefsten Ton gut angeben, so wird es durch stärkeres Blasen leicht möglich, die Octave herauszubringen. Hierbei nun kann man den Knotenpunkt der Luftsäule sehr leicht zeigen. Erfahrungsmäßig liegt er bei einer offenen Pfeife in der Mitte zwischen der Lippenöffnung und der oberen Mündung, man macht daher an dieser Stelle einen Einschnitt, so daß ein Schieber, welcher den inneren Raum der Röhre gerade ausfüllt, hindurch geschoben werden kann.

Dieser Schieber *C* ist etwas mehr als doppelt so lang als nöthig, um die Röhre gerade zu schließen, und indeß die eine Hälfte ganz gefüllt ist, hat die andere Hälfte, wie die Figur zeigt, ein Loch so groß als möglich, ohne daß die übrig bleibenden Ränder zu schwach werden, um den Schieber daran zu führen.

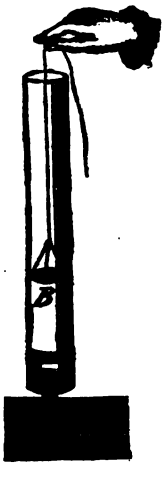
Wenn man die Pfeife anbläst, so lange die verschlossene Hälfte des Schiebers in dem Rohr steckt, so erhält man einen Ton. Dieser Ton aber verändert sich nicht im Geringsten, wenn man den Schieber so weit in die Röhre drängt, daß die Oeffnung *C* gerade mitten in der Pfeife sitzt. Nunmehr aber ist die Pfeife gerade doppelt so lang als sie vorher war, denn

über ging die Luftsäule nur von dem Labium bis zum Schieber, jetzt aber eht sie durch den Schieber hindurch, von dem Labium bis zur oberen Ründung; hieraus geht hervor, erstens daß eine offene Pfeife denselben Ton giebt wie eine geschlossene (gedeckte oder gedackte, das Letztere ist der igentliche Kunstausdruck) von der halben Länge; zweitens daß in der Mitte er offenen Pfeife ein Knotenpunkt sein müsse.

Sichtbarmachen eines Knotenpunktes.

Diesen Knotenpunkt, den wir voraussetzen müssen, wenn wir obige Erahrung für uns haben, sichtbar zu machen, ist der neueren Physik gelungen.

Fig. 214.



Wenn wir in der nebenstehenden Fig. 214 eine Orgelpfeife mit einem Glaskörper sehen, welche mit dem Windrohr *O* in einem Blasekasten steckt und deren Mundstück mit Ober- und Unterlippe von Holz ist (wie dies nicht anders sein kann, da dasselbe aus Glas zu formen, kaum möglich, und wenn es geschehen sollte, enorm theuer wäre), so können wir, was darin geschieht, durch eine sehr einfache Vorrichtung anschaulich machen.

Ueber einen kleinen Ring *B*, der bei Weitem nicht den Durchmesser der Glasröhre haben darf und der daher in der Figur etwas zu groß erscheint, wird ein Stückchen Goldschlägerhaut gezogen, naß übergespannt. Wenn dasselbe trocken ist, so befestigt man an drei gleich weit von einander entfernten Punkten des Ringes feine Seidenfäden, verknüpft diese in einer geringen Entfernung von dem Ringe, schneidet zwei davon ab und hält an dem dritten, wie die Figur angiebt, das Scheibchen frei schwebend in das Rohr, nachdem man etwas ganz feinen trocknen Sand darauf gestreut hat.

Wenn man das Scheibchen so hält, daß es genau in der Mitte zwischen dem oberen Labium und der Oeffnung des Rohres schwebt, so wird beim Anblasen der Pfeife der Sand auf dem kleinen Tambourin ganz ruhig liegen bleiben, sobald man aber tiefer damit geht, wie die Figur zeigt, oder es höher hält, so fängt der Sand an zu beben und in der Nähe der beiden Oeffnungen oben und unten macht er so starke Sprünge, daß man das Geräusch der hüpfenden Körner hören kann.

Es lehrt uns dieser Versuch, daß die Luft in der Röhre in vibrirender Bewegung ist und daß nur an einer Stelle in derselben vollständige Ruhe stattfindet. Diese Stelle liegt bei offenen Röhren in der Mitte, bei ge-

dackten Pfeifen ganz oben am verschlossenen Ende. Wenn man das Experiment also mit einer oben nicht offenen Pfeife macht, etwa so, daß man die Glasröhre mit feinem Papier zuklebt, durch dessen Mitte ein Nadelstich gemacht ist, wodurch man den Faden der Fig. 214 gezogen hat, so wird man wahrnehmen, daß die Vibration des Sandes durch die ganze Röhre hindurch stattfinden, nach oben zu jedoch immer weniger und zuletzt so geringfügig, daß man sie kaum bemerkt; trockner Sand auf das Papier gestreut, womit die Röhre beklebt ist, zeigt auch nicht die leiseste Spur von Bewegung.

Es lehrt uns dieser Versuch ferner, warum eine gedackte Pfeife einen tieferen Ton hat als eine offene, indeß der Ton der offenen wieder stärker ist als der einer gedackten Pfeife. Bei dieser letzteren schwingt nur eine Luftsäule, bei der offenen schwingen zwei, ein „gedackt Achtfuß" (eine gedeckte Pfeife von 8 Fuß Länge) giebt denselben tiefen Ton wie eine offene Pfeife von 16 Fuß, bei dieser letzteren aber tönen zwei achtfüßige Pfeifen, darum diese stärker ist im Ton. Die gedeckte, 8 Fuß messende Pfeife hat keinen Schwingungsknoten, es schwingt die ganze Länge der Luftsäule, daher der Ton tiefer als bei einer offenen von derselben Länge, die offene Pfeife aber hat einen Schwingungsknoten gerade in der Mitte, daher die Tonhöhe eine ganze Octave Unterschied giebt.

Leider sieht man das Gesetz sehr häufig nicht befolgt; der Lehrer sagt: diese geschlossene kurze Pfeife und diese offene doppelt so lange geben denselben Ton — nun bläst er beide an und sie geben *nicht* denselben Ton, oder, umgekehrt, er bläst die Pfeife an und man hört deutlich, daß sie denselben Ton geben, nun zeigt er, daß die offene doppelt so lang ist als die geschlossene — und er zeigt, daß es *nicht wahr* ist, daß ein ganz unregelmäßiges Verhältniß stattfindet. Dies macht jedenfalls den Zuhörer an der Wahrheit irre und es sollte dies einem Lehrer der Physik wohl nicht begegnen, die meisten derselben aber, die gar nicht Physiker sind,*) wissen

*) Klencke erzählt: „Ein berühmter Oberschulrath erklärte mir gesprächsweise, daß er an den Gymnasien die Naturwissenschaften nur dem Namen nach lehren, aber möglichst beschränken lasse, indem sie nicht nur die Zeit zu klassischen Studien beeinträchtigten, sondern auch dem Glauben nachtheilig würden, deshalb beauftrage er damit nur Lehrer der Mathematik, die von der Natur nichts mehr zu lehren wüßten, als was sie vor der Unterrichtsstunde erst selbst auswendig gelernt hätten." (Klencke, Naturwissenschaften der letzten 50 Jahre.) Dies ist eine so traurige Wahrheit, wie die, daß der Lehrer der Physik im Allem hinter den Philologen zurücksteht, selbst in der Achtung des Kalefactors und daß man doch von ihm eben so viel philologische Bildung verlangt als von dem Ordinarius, denn er muß denselben in Griechisch und Latein vertreten, wenn jener krank wird oder eine Urlaubsreise antritt. Webt man denn mit Latein Atlas? Gerbt man denn mit Griechisch Hirschfelle? Macht man denn mit Hebräisch elektrische Telegraphen?

entweder von der Unrichtigkeit ihrer Beweise nichts, sie hören und sehen nicht ordentlich oder sie kennen wenigstens den Grund des Fehlers nicht. Derselbe liegt in der unvollkommenen Arbeit des Orgelbauers. Es ist wesentlich, ja zur Reinheit des Orgeltones unerläßlich, daß die Spalte, aus welcher der Wind in die Pfeife dringt, und das obere Labium vollkommen parallel sind, fehlt hieran nur ein ganz Geringes, ist die Abschrägung des Blattes nicht gleichmäßig, steht ein Ende des Labiums etwas zu hoch oder zu niedrig, verläuft die Linie der Lippe nicht rechtwinklig gegen die Seitenwände, steht das obere Labium nicht so, daß es den Luftstrom gerade spaltet, so wird dadurch der Ton modificirt und je mehr dann der genannten Uebelstände zusammentreffen, desto schlechter ist derselbe und desto weniger stimmen die theoretischen Voraussetzungen mit dem practischen Befunde überein, und will man die Richtigkeit der Theorie in der Praxis nachweisen, so muß man vollkommene Instrumente haben, die fehlerhaften weisen nichts als Fehler nach.

Chladny's Klangfiguren.

Was durch das gespannte Häutchen innerhalb der Orgelpfeife nachgewiesen worden, das kann noch viel auffallender durch Scheiben von festen Substanzen, gehämmerte Messing- oder Eisenplatten, durch Glasscheiben und Aehnliches gezeigt werden und das Verdienst, dieses gethan und wie Napoleon sagte: „die Töne sichtbar gemacht zu haben" gebührt Chladny, welcher die Bemerkung Euler's, daß klingende Scheiben ganz verschiedene Töne gäben, je nach den Stellen der Tonerregung und der Dämpfung verfolgte, durch Experimentiren bestätigte und auf eine ingeniöse Art nachwies.

Wenn man eine viereckige Glastafel von etwa 3 bis 4 Zoll Seite zwischen Daumen und Zeigefinger faßt, und mit einem Violinbogen die Mitte der einen Seite streicht, so erhält man einen Ton, der nach der Dicke der Scheibe höher, tiefer und je nach der Gleichmäßigkeit des Glases rein oder nicht rein ist, der sich jedoch bei derselben Glasscheibe wiederholen läßt.

Wenn man diese nämliche Glasscheibe eben so faßt wie vorher, jedoch mit dem Bogen nicht in der Mitte der einen Seite, sondern etwas mehr nach einer Ecke hin streicht, so erhält man einen ganz anderen, von dem zuerst hervorgebrachten ganz verschiedenen Ton, erhält aber denselben immer wieder, so oft man diese Glasscheibe auf dieselbe Art streicht.

Sehr merkwürdig war es, daß es Chladny gelang, dies sichtbar zu machen; jetzt wo wir die Sache kennen, ist nichts leichter als das — die elastischen Schwingungen sichtbar zu machen; dazu braucht man nichts weiter

als etwas trocknen Sand. Man ſtreut denſelben auf die trocknen Scheiben und wenn ſie zum Tönen gebracht werden, ſo wird der Sand von der vibrirenden Scheibe hinweg geſchleudert — was iſt einfacher als dies?

Dennoch lag es ſo fern, daß die größten Experimentatoren jener und früherer Zeiten nichts davon wußten, daß ſelbſt Gehler, der gewiß einer der einflußreichſten Männer nicht nur ſeiner Zeit war, keine Ahnung davon hat, wenn ſchon in den Reuterlein, welche von der tönenden Saite hinweg ſpringen, dagegen an den Knotenpunkten liegen bleiben, das Experiment vorgebildet iſt. Es iſt das Ei des Columbus.

Chladny war ſo ſehr durchdrungen von der Wichtigkeit des Gegenſtandes, daß er ihn auf das Sorgfältigſte geheim hielt, bis er ihn von allen Seiten beleuchtet und erſchöpft hatte. Nun ſollte ein Werk darüber im Druck erſcheinen, allein mit dem erſten Bogen ſchon konnte ja ein Unterſchleif geſchehen, ein Anderer konnte ihm zuvorkommen und ihm den Ruhm ſeiner Erfindung nehmen.

Er ſelbſt ſprach ſich über dieſe Beſorgniß und über die Mittel, dem befürchteten Uebel entgegen zu kommen, aus, der Verfaſſer hat das Folgende aus Chladny's eignem Munde, welcher im Jahre 1823 oder 1824 in Berlin war und in dem Auditorium des bekannten Profeſſors der Chemie, Hermbſtädt, Vorleſungen über ſeine meteorologiſchen Unterſuchungen ſowohl als über ſeine Klangverſuche hielt.

Chladny, der einen eigenthümlichen Bildungsgang gehabt, auf ſächſiſchen Schulen zum Philologen geſtempelt, von ſeinem Vater zum Juriſten gemacht und auf der Univerſität Wittenberg habilitirt worden war, wofelbſt ſein Vater ſchon lange eine Profeſſur und eine Advocatur bekleidete, welche beide einmal der Sohn erben ſollte, war doch viel mehr der Naturkunde ergeben als der Juriſterei; allein obſchon die Natur ſonſt ihre Lieblinge offen und arglos macht, ſo war er doch verſteckt, pedantiſch und argwöhniſch im höchſten Grade, wozu auch wohl ſeine finanzielle Lage das ihrige beitragen mochte, ſeine Ausſichten gingen nicht in Erfüllung und er hatte oft mit bitterem Mangel zu kämpfen.

Aus dieſem Mangel glaubte er durch Erfindungen ſich befreien zu können und wie Beireis, der in vielen Sachen ihm ein Vorbild war, reich zu werden, darum grübelte er und ſpeculirte er immerfort bei verſchloſſenen Thüren und theilte Niemandem mit, was er ſuchte und was er arbeitete. Seine muſikaliſchen Inſtrumente, das Euphon und daſſelbe Inſtrument, verbeſſert unter dem Namen Clavicylinder, waren es nicht allein, es war die Akuſtik überhaupt und die Klangfiguren insbeſondere.

Darſtellung der Klangfiguren.

. 215.

Wenn man eine Glastafel (Fig. 215) in der Mitte faßt und nachdem ſie mit ein wenig Sand recht zart beſtreut iſt, mit dem Violinbogen bei *b* ſtreicht und zum Angeben eines reinen Tones bringt, ſo werden von Ecke zu Ecke zwei Diagonalen gebildet, auf denen ſich der Sand anhäuft, indeſſen die dazwiſchen liegenden Dreiecke vollkommen rein gefegt werden. Faßt man dagegen dieſe Tafel eben ſo wie vorher und ſtreicht an einer Ecke, ſo entſteht ein gerades Kreuz (Fig. 216). Hält man dieſelbe Tafel wieder an einer andern Stelle, z. B. bei *a* nahe an einer Seite, um ein Sechſtel der ganzen Länge des Quadrats entfernt von der Kante, und ſtreicht man an eben dieſer Stelle die nächſt dem Haltepunkt gelegene Kante, ſo theilt ſich die Scheibe in zwei große und zwei kleine gerade Schwingungsflächen, welche durch drei gerade Linien von einander getrennt ſind (Fig. 217). Wird der Haltepunkt etwas mehr nach der Mitte gerückt, wie Fig. 218 zeigt, und ſtreicht man bei *b*, ſo erhält man zwei gerade Linien, welche von einer dritten durchſchnitten und halbirt werden.

. 216.

. 217.

ig. 218.

Dieſe geraden Linien ſollen zwar keine geraden Linien ſein, ſondern Hyperbeln, wie Strehlke bewieſen hat, da er ſonſt nichts erfinden konnte (die Sache wird dadurch komiſch, daß er dieſe aus Sand geſtreuten Linien einem mathematiſchen Calcul unterwarf, welchem Calcul doch nicht einmal mit den feinſten mathematiſchen Inſtrumenten gezogene Linien genügen), allein hierauf legte Chladni, der ſelbſt ein ſehr tüchtiger Mathematiker war, keinen Werth, ſondern auf die Erzeugung der verſchiedenen Töne bei einer und derſelben Scheibe und auf die knüpfte, immer gleich bleibende Erſcheinung derſelben Figur bei dem-
en.

Damit ihm diese Erfindung, diese große und wissenschaftliche Entdeckung, nicht streitig gemacht werden könne, erzählte er selbst unter herzlichem Lachen über seine Schlauheit seinen Zuhörern in seinem schneidend ordinairen sächsischen Dialekt (man suchte überhaupt hinter der ganzen wunderlichen Erscheinung nicht den Gelehrten, verband man aber damit den Dialekt eines Leipziger Eckenstehers und sah man die ungeschickte Haltung, das vernachlässigte Aeußere, so hielt man ihn höchstens für einen heruntergekommenen vorstädtischen Schneider), daß er gedacht habe, es bliebe ihm wohl nichts übrig als selbst die Buchdruckerei zu erlernen und sein Buch selbst zu setzen und zu drucken. Er begab sich nun in eine Druckerei und erlernte wirklich die Buchdruckerkunst, dann setzte er sein Werk und ließ es unter seinen Augen drucken, und verhinderte das Wegkommen auch nur eines einzigen Probedruckes (die ersten 10 bis 12 Abdrücke sind nicht brauchbar und werden immer fortgeworfen, auch diese nahm er mit nach Hause) und endlich legte er auch den Satz wieder ab, damit ihm Niemand noch nachträglich ein Exemplar abklatschen konnte.

Jetzt fehlte es noch an den Zeichnungen. Chladni konnte wohl mit Kreide an der Tafel ein paar mathematische Sätze construiren, aber nicht zeichnen — sehr einfach: er lernte zeichnen und als er dies konnte, entwarf er seine Darstellung der Klangfiguren.

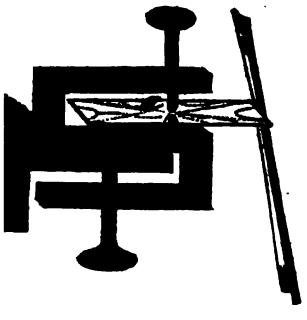
Nun mußten diese aber in Kupfer gestochen werden (die Lithographie gab es damals noch nicht, sonst hätte er es leichter gehabt). Der Kupferstecher aber konnte ja irgend einem Gelehrten Kunde von diesen Zeichnungen geben und so konnte vielleicht ein Anderer ein Plagiat an ihm begehen — es blieb Chladni also nichts übrig als in Kupfer stechen zu lernen; dies that er mit großer Emsigkeit und als er diese Künste inne hatte, da erst trat er mit seinem Werke vollständig fertig an das Tageslicht und hatte jetzt nicht mehr zu befürchten, daß ein Anderer ihm seine Erfindung streitig mache.

Allerdings war seine Entdeckung höchst wichtig, allein seine kleinliche Furcht dankte er doch wohl den ärmlichen Verhältnissen, in denen er gelebt, mit denen er bis an sein Ende zu kämpfen gehabt und welche ihn nöthigten, seinem Broderwerb mit großer Aengstlichkeit und mit der hieraus entspringenden Besorgniß vor fremder Beeinträchtigung nachzugehen.

Klangfiguren an großen Scheiben

Die Chladni'schen Figuren werden auf folgende Weise am bequemsten und alsdann auch mit größeren als vierzölligen Scheiben dargestellt.

Fig. 219.



Man läßt sich eine Schraubzwinge machen, welche wie Fig. 219 nach zwei entgegengesetzten Richtungen gebraucht werden kann. Der mittlere Stab wird auf die Tischplatte gelegt und die dazu gehörige Schraube kommt unter diese Tischplatte und dient zur Befestigung des Ganzen an dem Tisch des Experimentators.

Es steht nun auf diesem der obere Theil so frei wie möglich und zwischen der oberen Schraube *a* und dem mittleren Stab der oppelzwinge, welcher auf dem Tische liegt, kann man ziemlich große Schei- befestigen.

Es kommt hierbei jedoch darauf an, daß die Scheiben nur auf einem glichst kleinen Raum gefaßt werden, damit sie mit ihrer übrigen Fläche lo freier schwingen und vibriren können; deshalb findet sich bei *c* gerade terhalb der Schraube *a* ein Holzklötzchen, dessen obere Fläche mit Leder ogen ist, eben so ist die Spitze der Schraube *a* gleich dem vorderen Ende es Billardqueues belebert.

Zwischen diese beiden Leder zwingt man nun die Scheibe, so daß sie nz festgehalten wird und jetzt kann sie da oder dort, wo man es haben ll, eingespannt und schwebend gehalten werden. Damit sie aber dem gen nicht schade, werden ihre Kanten mit einem Sandstein matt geschliffen, as das man selbst sehr leicht bewerkstelligen kann und wozu es gar nicht es kostbaren Schleifsteins bedarf; wenn man sonst nichts Besseres hat, thut ein guter neuer Ziegelstein die trefflichsten Dienste, nur muß man m Schleifen immer Wasser zur Hand haben, trocken läßt sich das Schleifen ht ausführen.

Den Bogen betreffend, so wird man wohl thun, wenn man einen oloncellbogen nimmt, an Colophonium darf man es nicht fehlen lassen.

Ferner darf die Beschaffenheit des Sandes und die Oberfläche des lases nicht vergessen werden. Man braucht sich nicht gerade parallel geliffene Glasplatten aus Münchener optischen Werkstätten kommen zu lassen, e Professor Strehlke, denn gutes Belgisches Fensterglas oder Nürnberger piegelglas, davon die Scheibe in der hier nöthigen Größe nicht 20 Thaler, ndern nur einen Silbergroschen kostet, thut ganz die nämlichen Dienste d giebt eben so schöne gerade Linien oder Hyperbeln, wie Herr Strehlke ll, als jene Parallelgläser. Das ist aber unerläßlich, daß die Flächen s Glases vollkommen rein seien, daher muß man sie mit einem trocknen,

in Kreide getauchten Lappen abreiben und dann auch die letzte Spur von Staub mit einem andern Tuche entfernen, und nachdem sie so gereinigt sind, darf man sie nicht mehr mit den Fingern befassen, wo ein Finger gesessen hat, ist ein Fettfleck, auf welchem der Sand haftet. Nach der Reinigung muß man die Platten so anfassen, wie ein Münzensammler seine Medaillen anfaßt, nämlich so, daß von dem Daumen und den zwei gegenüberstehenden Fingern nur die Kanten berührt werden.

Vorbereitung des Sandes.

Der Sand darf nicht fein und staubig sein, man muß allerdings feinen Sand nehmen, aber man muß ihn waschen, schlemmen, und dies vier bis sechs Mal wiederholen und das Wasser so oft von dem gewaschenen Sande abgießen, als es noch trübe oder milchig wird. Derjenige Sand, welcher sich nun sofort aus dem Wasser niedersetzt und von dem man das Wasser mit dem darin schwebenden Sande, welcher zu fein und zu staubartig ist, entfernen muß, wird auf dem Ofen getrocknet. Ihn bewahrt man in einer gewöhnlichen Sandbüchse auf, aus welcher man ihn dann in sehr geringer Menge auf die Glasscheibe streut und zwar recht gleichmäßig nach allen Seiten hin vertheilt.

Einen sehr guten Sand giebt das sogenannte Smalteglas, ein blaues Glas, welches gestoßen, als blauer Streusand verkauft wird. So eckig und splitterig ist dieser Sand zwar nicht zu brauchen, allein wenn er in einem Porzellanmörser gerieben (nicht gestoßen) wird, so schleifen sich die eckigen gesplitterten und scharfen Stellen ab und man erhält eine Menge schöner blauer Kügelchen inmitten des Reibungsproductes des hellblau und fast weiß werdenden Staubes. Diese Glaskügelchen trennt man von dem Staube, welcher das Experiment stören würde, durch Schlemmen und Waschen und erhält hierdurch einen vortrefflichen, gar nicht mehr an dem Glase haftenden Sand. Derselbe bietet noch einen anderen Vortheil, den nämlich, daß man die Figuren sehr schön sichtbar machen kann durch untergelegtes weißes Papier und daß man sie selbst auf Papier fixiren kann. Auf leichte hölzerne Rahmen, etwas größer als die Glasscheibe, spannt man Papier und bestreicht dasselbe gleichmäßig mit einer Gummiauflösung. Wenn nun auf der Glastafel der Ton erregt ist und die ihm entsprechende Klangfigur sich gebildet hat, so legt man die Glastafel behutsam auf einen Tisch und drückt den mit Papier bespannten Rahmen darauf. Es haftet an dem Gummi sofort das blaue Glas, und man

e Zeichnung vollſtändig auf dem Papier abgedrückt. Man muß nunmehr im Rahmen trocknen laſſen, worauf es ganz gerade und erſcheint. Dann ſchneidet man die Blätter etwas größer als die raus und bewahrt ſie zwiſchen feinem Fließpapier.

Glastafel muß gleich nach dem Abklatſchen gewaſchen werden, : Gummi daran feſtgetrocknet, iſt er viel ſchwerer zu entfernen.

Zuſammengeſetzte geradlinige Figuren.

ig. 220.

Außer den oben angeführten Figuren kann man, wie begreiflich, noch viele andere erzeugen, ſo wenn, wie immer vorausgeſetzt wird, man die Befeſtigung bei *a* anbringt und bei *b* ſtreicht, ein Gitter erſcheinen wird, welches ſich um ſo regelmäßiger geſtaltet, wenn man etwa noch eine Stelle dämpft, z. B. diejenige, welche mit *c* bezeichnet iſt.

Wenn die Tafel etwas länglich genommen und beſtimmte Stelle gehalten und geſtrichen wird, ſo erſcheinen nach die verſchiedenen gitterartigen Figuren, deren Linien ſich dadurch daß man die Knotenpunkte vermehrt. Würde man nämlich die der Mitte halten, ſo entſtände nur ein Knotenpunkt und in Folge r ein Kreuz, rückt man aber wie bei Fig. 221 oder Fig. 222 die Befeſtigungsſtelle an das eine Ende, ſo giebt dieſes Gelegenheit zu einem Doppelkreuz, denn die kreuzende Linie geht durch den Knotenpunkt und da die Figuren ſich immer ſymmetriſch bilden, ſo entſteht auf der anderen Hälfte der Tafel eine zweite kreuzende Linie.

Fig. 221.

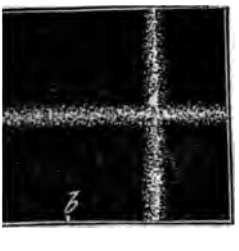


Fig. 222.

Fig. 223.

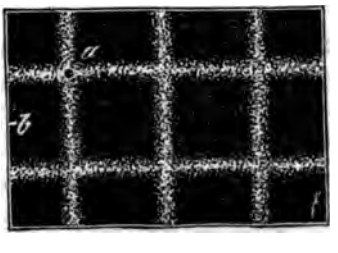


Fig. 224.

Wenn man dreieckige Glastafeln anwendet, ſo erhält man unter denſelben Bedingungen die hier angeführte Figur. Sollte dieſelbe nicht in der erforderlichen Schärfe hervortreten, ſo muß man die Stelle *a* ſo wie die von *b* ein wenig verändern, oft kommt es dabei auf $^1/_{12}$ Zoll an, ſo geringfügig iſt der Unterſchied, welcher das Gelingen oder Mißlingen bedingt.

Wählt man ſechsſeitige Scheiben zur Erzeugung der Klangfiguren, ſo wird man am leichteſten den ſechsſeitigen Stern erlangen, ſchwieriger iſt

Fig. 225.

Fig. 226.

ſchon ein einfaches Kreuz, weil bei Erzeugung deſſelben die eine Linie eine Diagonale wird, die andere aber von Seite zu Seite geht.

Mit Kreiſen iſt die Herſtellung beider Figuren gleich bequem, nur muß die Halteſtelle ſehr genau in der Mitte liegen. Geſetzt bei *a* wäre die

Fig. 227.

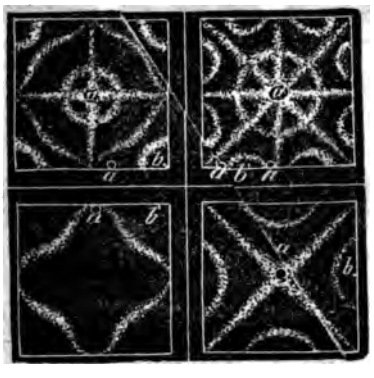
Fig. 228.

Scheibe von der Schraube gefaßt und zwiſchen den beiden Lederblättchen feſtgehalten, ſo braucht man nur irgendwo mit dem Finger die Scheibe zu berühren und dann bei *b* mit dem Violinbogen zu ſtreichen, man wird dann das Kreuz erhalten, wenn der Bogen um ein Achtel des Umfanges von dem berührenden Finger entfernt iſt und den Stern, wenn die Entfernung nur ein Zwölftheil beträgt.

Krummlinige Figuren.

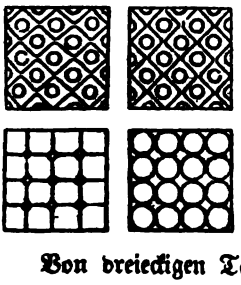
Wir haben bis jetzt lauter geradlinige Figuren betrachtet, allein die Erscheinung ist viel mannigfaltiger als es nach dem Bisherigen scheint, es lassen sich auf allen den gedachten Scheibenformen sehr mannigfaltige Figuren mit geraden und krummen oder mit lauter gekrümmten Linien hervorbringen.

Fig. 229.



Die hier stehenden Figuren geben uns dergleichen und sind dieselben noch ziemlich leicht zu erregen, doch muß man allerdings den Bogen gut führen können. Man streicht immer von oben nach unten, wobei man wohl darauf zu sehen hat, daß seine Lage ziemlich senkrecht gegen die Ebene der Tafel bleibt.

Fig. 230.



Die Zeichnungen, welche Fig. 230 giebt, fordern schon eine sehr große Uebung und große Tafeln, mit kleineren ist das Experiment gar nicht auszuführen. Die beiden ersten, scheinbar gleich, unterscheiden sich sehr deutlich dadurch, daß die Hauptlinien der einen Diagonalen sind, von Ecke zu Ecke gehen, indeß bei der andern keine der Ecken getroffen wird.

Von dreieckigen Tafeln (Fig. 231) lassen sich sehr leicht die auf der folgenden Seite angegebenen krummlinigen Figuren erzeugen. Mit sechseckigen Tafeln (Fig. 232) werden ohne Schwierigkeit die folgenden gebildet, von denen die eine aus einem einfachen Kreise und die andere aus einem kleineren Kreise und sechs Halbkreisen besteht; wie man sie fassen und streichen muß, zeigen die Buchstaben.

Die kreisförmigen Tafeln (Fig. 233 und 234) geben zwei sehr einfache Figuren, welche unten (Fig. 233) gezeichnet sind, aber in desto größerer

Fig. 231.

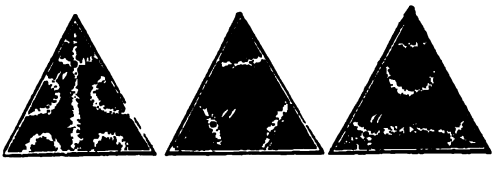
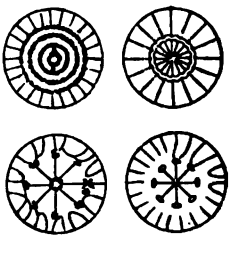


Fig. 232.

Menge höchst complicirte, von denen wir nur einige geben wollen (Fig. 234). Um sie zu erzeugen, braucht man schon Platten von wenigstens 1 Fuß Durchmesser, Chladni hat deren von 3 Fuß angewendet.

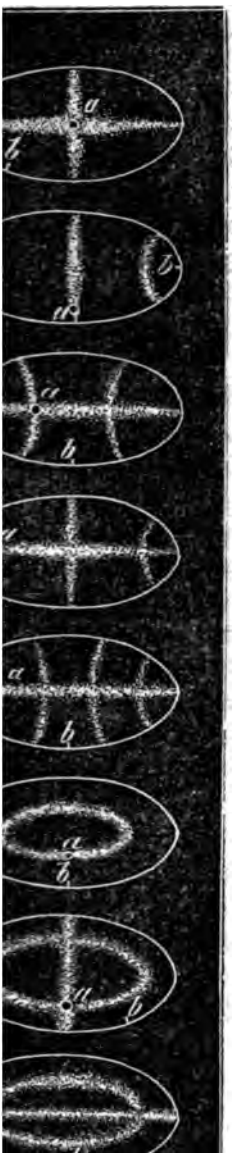
Fig. 233.

Fig. 234.



Die Form der Klangfiguren ovaler Scheiben (Fig. 235) sind den einfacheren der Kreisscheiben ganz analog und man kann, wenn man eine gewisse Aufmerksamkeit auf ihre Gestaltung gewendet hat, sich selbst vorher sagen, wie die Figuren aussehen werden. Faßt man die Scheibe in ihrer Axe, so wird jederzeit ein gerader Strich durch die Länge der Tafel hindurch gehen, man möge streichen, wo man wolle; faßt man sie in der Nähe des Randes von einer der längeren Seiten, so wird man beim Streichen auf

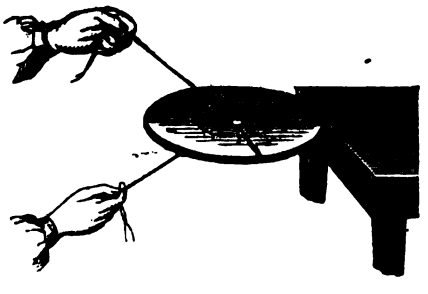
Fig. 235.



der längeren Seite ſtets ein Oval als Figur bekommen, ſtreicht man dagegen an der Wölbung der kurzen Seite, ſo müſſen Querlinien entſtehen, ähnlich denen auf länglichen Tafeln, wie z. B. Fig. 221 eine ſolche zeigt, die ganz ähnlich der vierten von Fig. 235 iſt.

Man kann auch eine Tafel durch eine Oeffnung in der Mitte ſtreichen, wie die Fig. 236 zeigt, die Hände halten ſtatt eines

Fig. 236.



Bogens ein Büſchel Pferdehaare, welche wohl geſtrichen und durch die Oeffnung gezogen ſind. Die Fig. 236 giebt zugleich die Befeſtigungsart und die Klangfigur, welche man erhält.

Die Vibrationen ſind übrigens gar nicht geringfügig, wegen der Stärke derſelben könnte man ſtatt der Sandkörnchen Schrotkugeln und ſogar Rehpoſten nehmen. Wenn man einen ſolchen auf eine Klangſcheibe legt und nun dieſe Scheibe ſtreicht, ſo hört man plötzlich ein knatterndes Geräuſch und das Kügelchen fliegt ein paar Mal ſichtlich in die Höhe, bis es herunter fällt. Iſt der Sand, welchen man zur Bildung der Figuren braucht, grobkörnig, ſo ſieht man ihn ſehr deutlich 3—4 Zoll hohe Sprünge machen, bevor er auf den Knotenlinien zur Ruhe kommt.

Mittönen anderer Körper.

Die Luft in der Nähe der klingenden Scheiben wird dergestalt in Vibration gesetzt, daß gespannte Membrane diese Erschütterungen annehmen und man dadurch wieder Klangfiguren secundärer Art erzeugen kann.

Die bekannteste Erscheinung dieser Art ist, daß Fensterscheiben erzittern, nicht wenn der Schall des Donners oder ferner Kanonenschüsse sie trifft, sondern wenn der Ton einer Orgelpfeife, einer Trompete oder Posaune sie erschüttert, es ist immer nur ein bestimmter Ton, bei welchem dieses eintritt und dies ist dann immer derjenige, welchen die Scheibe selbst geben würde, wenn sie zum Tönen angeregt wird, denn jeder elastische Körper kann zum Tönen gebracht werden, die Luft eines jeden Zimmers ist dazu geeignet. Man wird häufig bemerkt haben, daß beim Scalasingen die Wände einen Wiederhall geben, der mit dem gesungenen Ton im Einklange steht, dies kommt nur daher, daß der kubische Luftraum, den die Zimmerwände umfangen, einen gewissen, aber auch nur diesen einen Ton hat (wie jede Orgelpfeife), welcher mit anspricht, sobald derselbe irgendwie laut und kräftig angeschlagen wird.

Dieses Mittönen des Zimmers, noch mehr das Mittönen einer einzelnen Fensterscheibe leitet auf die Frage, ob hier gleichfalls ein solches Vibriren stattfindet, wie bei den durch Streichen angeregten Scheiben und man muß diese Frage bejahen. Die Vibrationen können noch überdies so stark werden, daß besonders große Scheiben davon springen. Von dem berühmten Bassisten Fischer erzählt man, daß er öfter sich den Spaß gemacht habe, Glasscheiben entzwei zu singen. Er mußte, um dies zu vermögen, natürlich vor allen Dingen eine Scheibe aufsuchen, welche in ihren Fugen möglichst locker saß, dann mußte er in einer angemessenen Entfernung ihr gegenüber so lange Ton auf Ton folgen lassen, bis die Scheibe mitklang. Nun erst konnte das Experiment beginnen, hatte er Lunge und Kraft genug, um den Ton so lange auszuhalten, bis die Scheibe kräftig mittönte, so war nur noch eine geringe Steigerung nöthig und die Scheibe sprang entzwei.

Secundäre Klangfiguren.

Was hier auf eine nicht jederzeit anwendbare Weise gemacht wurde, das läßt sich durch Papierscheiben, die man auf Rahmen spannt, sehr leicht und immer darstellen. Mit Papier von verschiedener Stärke, welches ganz benetzt wird, spannt man auf Holzrahmen zu jeder Größe Blätter auf,

lche man mehr oder minder anzieht, ſo daß dieſelben erſtens beim Trocknen
der alle ganz glatt ſind, zweitens bei leiſer Berührung mit trommelnden
igern verſchiedene Töne geben; zu ſtraff darf man die naſſen Bogen nicht
ziehen, weil ſie ſonſt beim Trocknen zerreißen.

Hält man ſolch einen beſpannten Rahmen über eine ſchwingende Tafel,
tönt ſie mit, d. h. der urſprüngliche Ton der ſchwingenden Tafel wird
ſtärkt. In dieſem Falle erhält man auf dieſelbe Weiſe wie bei Glas-
eln Klangfiguren, nur ſind ſie anderer Zeichnung.

Es iſt aber zu bemerken, daß die durch den Bogen erregten Scheiben
ht von Glas ſein dürfen, ſondern von Meſſing. Man nimmt dazu ſehr
ches Blech von etwa $\frac{1}{12}$ Zoll Dicke und läßt dieſes gleichmäßig vom
mpner durchhämmern, ſo daß es eine durchweg homogene Spannung
t. Beſſer iſt es allerdings, wenn ſtatt des Hammers die Walze die
reckung bewerkſtelligt; das Blech iſt zwar überhaupt durch die Walze zu
ech geworden, allein das verkäufliche iſt gebogen, gefaltet und muß erſt
eder in eine vollkommen ebene Richtung gebracht werden; dies geſchieht
i leichteſten, wenn man ihm die nöthige Form giebt und es alsdann nach
ei verſchiedenen Richtungen durch ein breites Walzwerk gehen läßt. Wie
ſagt, thut indeſſen der Hammer eines geſchickten Klempners auch die nö-
gen Dienſte. Nach dem Hämmern oder Walzen muß die Feile nochmals
gewendet werden, um die Ränder zu glätten; mit der Scheere darf man
ht mehr darüber kommen, weil dieſe wieder Verbiegungen herbeiführt.

Eine ſo behandelte quadratiſche Platte von etwa 8 Zoll Seite wird
dem Kreuzungspunkte der beiden Diagonalen durchbohrt und hier auf
en Stift feſtgeſchraubt. Damit ſie nicht am freien Schwingen gehindert
rd, hat ſie eine Unterlage von Leder und auch oben, wo die Mutter-
raube zur Befeſtigung derſelben auf den Stift geſetzt wird, liegt ein
derſcheibchen. Der Stift mit der Scheibe wird natürlich durch einen
nlich ſchweren hölzernen Fuß getragen, auch kann man denſelben auf eine
hraubzwinge ſetzen und mittelſt derſelben am Tiſchrande befeſtigen. Dies
beinahe noch zweckmäßiger.

Solche Scheiben geben ſämmtlich Klangfiguren, wie dieſelben für Glas-
eiben beſchrieben ſind und unterſcheiden ſich von ihnen nur durch die Höhe
i Tones.

Wenn man nun mittelſt des Bogens die Scheibe zum Tönen gebracht
und hält jetzt den mit Papier beſpannten Rahmen darüber, nachdem
ſelbe mit blauem Sande beſtreut worden iſt, ſo hört man ſchon aus der
ternung von 8 Zoll von der Tafel den Sand rauſchen und man ſieht ihn
h bald ſpringen; dabei iſt durchaus nicht erforderlich, daß auf der ge-

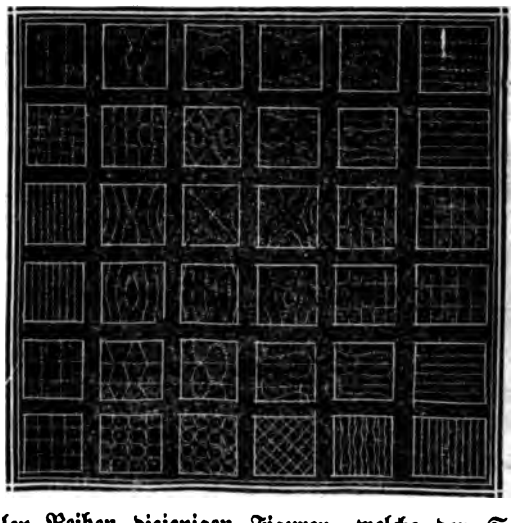
ſtrichenen Metallſcheibe gleichfalls Sand liege, es handelt ſich ja nicht um Uebertragung der Tonfiguren, ſondern um Uebertragung der Vibrationen.

Wenn man ſich nun während des Tönens der Scheibe derſelben mit dem beſpannten Rahmen unter fortwährendem Parallelismus beider Flächen nähert, ſo wird, während aller Sand im Springen begriffen iſt, derſelbe wie von unſichtbaren Händen von den meiſten Stellen hinweggekehrt und man erhält eine meiſtens nicht ganz regelmäßige Figur, gezeichnet von dem Sande, der von der leer gewordenen Stelle hinweggekehrt worden iſt.

Nähert man ſich von da, wo man die erſte Figur erhielt, der tönenden Scheibe noch mehr, ſo verwirrt ſich die gewonnene Figur wieder und in einer gewiſſen Entfernung entſteht eine andere, welche mit der vorigen gar keine Aehnlichkeit hat. Man kann dies nochmals wiederholen und wird wieder eine neue Figur bekommen.

Der franzöſiſche Gelehrte Savart, welcher ſich um die Lehre vom Klang und Schall ſehr verdient gemacht hat, giebt ſogar ſechs verſchiedene Veränderungen an, welche dieſelbe mitklingende Papierſcheibe von einem und dem nämlichen Ton einer meſſingnen Tafel erhält. Die hier angegebene Figur, aus Pouillet's ſchönem Werke entlehnt, giebt in jeder der

Fig. 237.



ſechs horizontalen Reihen diejenigen Figuren, welche der Sand auf einer Papierſcheibe erhält, wenn unten eine Meſſingſcheibe zum Tönen gebracht wird. Sie ſämmtlich herzuſtellen, iſt allerdings nur wenigen Phyſikern gelungen, allein es mag denn doch wohl möglich und nur große Geſchicklichkeit in der Kunſt des Experimentirens erforderlich ſein.

Eins vor Allem, wie der Verfasser schon bemerkt hat, ist nöthig, daß die Messingscheibe im Tönen erhalten werde, daß ihre Excursionen immer recht groß sind, dann fängt die Wirkung auf die Papierscheibe schon aus ziemlicher Entfernung an. Der Verfasser hat dies dadurch bewerkstelligt, daß er einen Gehülfen die Scheibe immerfort streichen, also immer in starker Vibration erhalten ließ, hierdurch war es ihm selbst möglich, den Papierbogen sehr gerade über der Platte zu halten und da er nicht nöthig hatte, bei jedem neuen Strich den Papierrahmen aus der Hand zu legen, konnte er die Bildung der Sandfiguren mit viel mehr Muße und Ruhe erfolgen.

Interferenzerscheinungen.

Alle die Klangfiguren entstehen dadurch, daß eine große Anzahl von Stellen der Scheibe in einer gleichmäßig schwingenden Bewegung sind, indeß die Linien, welche zwischen diesen Stellen liegen, sich in völliger Ruhe befinden. Auf diesen Ruhelinien sammelt sich der Sand an. Man kann nun die Gesetze dieser Bewegungen verfolgen und man erhält dadurch einen sehr vollständigen Aufschluß über den ganzen Vorgang.

Wir wollen hierzu die einfachste Figur wählen, weil sich von dieser das Ganze am leichtesten demonstriren läßt.

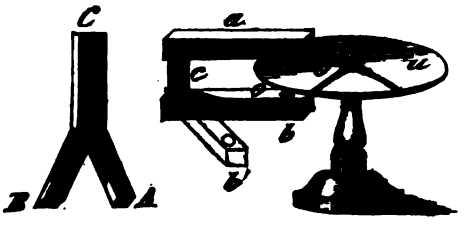
Fig. 288.

Wenn man die Glas- oder Metalltafel in der Mitte festhält und bei *b* mit einem Bogen streicht, so erhält man das Diagonalkreuz. Hierbei schwingen das Viertel der Scheibe *b* und das ihr gegenüberliegende gleichzeitig auf und ab. Die beiden andern Viertel, dasjenige, woran der Buchstabe *a* steht und das demselben gegenüberliegende, schwingen auch gleichzeitig auf und ab, allein in dem Augenblick, in welchem *b* abwärts geht, in demselben steigt *a* aufwärts, und in demselben Augenblick, in welchem umgekehrt *b* mit seinem Gegenüber sich aufwärts hebt, steigt auch *a* mit seinem Gegenüber abwärts. Die Zahl der Schwingungen ist bei allen vier Abtheilungen der Scheibe ganz gleich und zwei sich gegenüberstehende machen sie auch ganz in demselben Sinne, allein die beiden andern Viertel schwingen alsdann abwärts, wenn die ersten aufwärts steigen.

Wheatſtone's Inſtrument.

Sehr ſchön läßt ſich dieſe Gleichheit oder Ungleichheit der Schwingungen hörbar machen (aber auch ſichtbar, wie wir ſogleich ſehen werden). Wheatſtone wendet hierzu folgende Veranſtaltung an:

Fig. 239.



Man ſieht eine runde Metallſcheibe (oder Glasſcheibe) auf einem Fuße vermittelſt der Durchbohrung befeſtigt und angeſchraubt, wie oben beſchrieben worden.

Daneben iſt ein Inſtrument, welches man beinahe für eine Schraubzwinge ohne die dazu gehörige Schraubenſpindel anſehen möchte, was es jedoch nicht iſt. *a* und *b* ſind zwei viereckige Röhren, aus ſehr dünnem Holz gebildet, ſie haben an ihren Enden Oeffnungen, deren eine man bei *b* ſieht und deren andere bei *o* gegen die Glasſcheibe gekehrt iſt. An dem Ende *c* der beiden viereckigen Röhren ſind gleichfalls Oeffnungen von gleicher Größe, durch dieſe aber ſind die beiden hohlen Stücke mittelſt eines Cylinders verbunden, der gleichfalls hohl iſt und entweder in dem einen viereckigen Stücke feſt, im anderen beweglich ſitzt, oder der, wie die Figur es angiebt, in der Mitte getheilt und über einander zu verſchieben iſt, wie die Auszüge eines Fernrohrs. Dies Letztere iſt die zweckmäßigere Art der Verfertigung; es kann ſich übrigens ein Jeder ganz leicht ſolch ein Inſtrument aus den Brettchen einer Cigarrenkiſte machen, das Rohr, welches beide vereinigt, wird aus Papier zuſammengeleimt; bei dem ganzen Dinge kommt es nur darauf an, daß es eine ſolche Geſammtlänge habe, daß es den Ton der Scheibe angiebt, wenn es angeblaſen wird. Man muß dieſe Länge deshalb vorher beſtimmen, indem man eine Orgelpfeife aufſucht, welche den nämlichen Ton angiebt, oder indem man eine cylindriſche Röhre, welche nach Art eines Fernrohrauszuges zuſammengeſetzt iſt, über die tönende Scheibe hält und die einzelnen Theile des Rohres ſo lange verſchiebt, bis der Ton der Scheibe ſich plötzlich gewaltig verſtärkt. Dies iſt ein Zeichen, daß man nun die richtige Länge habe. Dieſes Rohr, nach Art einer Orgelpfeife angeblaſen, würde genau den Ton der Scheibe angeben, die Verſtärkung des Klanges rührt lediglich daher, daß das Rohr mitklingt, daß durch die Vi-

ration der Scheibe die in dem Rohre enthaltene Luftsäule in consonirende Schwingungen geräth.

Man macht nun die beiden viereckigen Stücke etwas weniger als alb so lang wie das Rohr und ergänzt nachher das an der Länge fehlende durch das zwischengesetzte verschiebbare Stück *c*.

Vorgang bei der Interferenz.

Die Vibrationen der Scheiben gehen auf und ab, hält man das Rohr ganz ausgestreckt oder in der Lage *acb'* über einen der schwingenden Theile nicht über eine Knotenlinie), so wird man den Ton mächtig verstärkt hören, liegt man aber die beiden Schenkel der luftigen Schraubzwinge, so wie die ausgezogene Fügung *acb* zeigt, dergestalt, daß die Oeffnung *o* unterhalb der Scheibe nach oben gekehrt, die Oeffnung *o'* aber oberhalb desselben Theiles der schwingenden Scheibe nach unten gekehrt ist, so daß also die beiden Oeffnungen einander gegenüberstehen, so wird jede Spur von Verstärkung verschwinden. Da nämlich die Luftsäule *acb* zugleich von entgegengesetzten Seiten Stöße enthält, welche sich aufheben, so bleibt die Luftsäule, welche vibriren soll, in Ruhe und kann folglich nicht tönen. In dem Augenblick, in welchem durch Erhebung der Abtheilung *v* die Luftsäule in *acb* zusammengedrückt und von *a* nach *c* geschickt wird, in demselben Augenblick wird die andere Hälfte durch dasselbe Aufwärtsgehen des Stückes *v* verdünnt, nun schwingt der Antheil *v* der Tafel abwärts, dadurch wird die Luft in *bc* verdichtet, aber durch eben dieses Abwärtsschwingen wird sie in dem Antheil der Röhre *ac* verdünnt. *acb* ist aber eine offene Pfeife, in derselben ist der Schwingungsknoten in der Mitte, die Lufttheilchen von beiden Seiten des Knotens müssen im entgegengesetzten Sinne schwingen.

Dreht man jedoch die beiden Arme des Apparates durch die bewegliche Röhre *c*, so daß der eine Arm über *v*, der andere unter dem benachbarten Dreieck *v'* steht, so wird alsbald die Röhre ansprechen und der Ton der klingenden Scheibe wird um das Dreifache verstärkt erscheinen.

Der Vorgang hierbei ist natürlich folgender: während *v* aufwärts steigt, geht *v'* abwärts, die eine Oeffnung der Röhre *acb* steht über *v*, daher wird beim Aufwärtssteigen die Luft in die Theile *ac* verdichtet, die andere Abtheilung *bc* steht mit ihrer Oeffnung *o* unter *v'*, in demselben Augenblick, da die aufwärts gehende Schwingung von *v* die Stelle *v'* abwärts führt, daher wird in demselben Augenblick, in welchem die Luft in *ac* verdichtet wird, sie auch in *bc* verdichtet werden. Diesen gleichzeitigen Verdichtungen und den beiden Abtheilungen von *acb* folgen eben so gleich-

zeitig Verdünnungen, wenn sich die Schwingungen von v und v' umkehren, und da dieses nunmehr mit der zum Tönen der offenen Röhre erforderlichen Geschwindigkeit geschieht, so entsteht alsbald in der Mitte derselben ein Schwingungsknoten und die Röhre giebt den Ton der Scheibe an.

Einfachere Darstellung der Interferenz.

Der Apparat ist sehr sinnreich erdacht, allein es muß für jede klingende Scheibe ein besonderer gefertigt werden, weil er nur bei derjenigen Scheibe anspricht, bei welcher sein Ton dem Ton der Scheibe gleich ist. Daher ist der zweite Apparat der Fig. 239, der das Vibriren der Antheile der Scheibe zwar nicht hörbar, aber wohl sichtbar macht, jenem ersten vorzuziehen.

Auf eben so einfache Art, wie jene aus den dünnen Brettchen einer Cigarrenkiste, ja selbst aus dünner fester Pappe, setzt man sich einen hohlen Stiefelknecht (einem solchen ist das Instrument in Form sehr ähnlich) zusammen: ein Rohr C, welches sich unten in zwei Abtheilungen A und B spaltet. Das Rohr ist an den drei Mündungen offen, die obere C aber wird mit einem Goldschlägerhäutchen überspannt, Papier ist gewöhnlich nicht zart genug und kann auch nicht so ganz leicht glatt gemacht werden, wie dies mit den äußerst feinen Goldschlägerhäutchen durch nasses Aufziehen derselben möglich ist.

Wenn man diesen Stiefelknecht über eine tönende Scheibe so hält, daß die beiden neben einander liegenden Dreiecke v und v' unter den beiden Enden A und B stehen, und man hat auf das Goldschlägerhäutchen, welches über die Oeffnung C gespannt ist, ein wenig Sand gestreut, so bleibt dieser ruhig liegen, auch während die Scheibe unter dem Bogenstrich auf das Kräftigste tönt.

Wenn man aber die beiden Schenkel der Röhre so hält, daß sie über zwei sich gegenüber liegenden Dreiecken schweben, also A über u und B über v, so darf die Scheibe nur im Geringsten angestrichen, zum Tönen gebracht werden, und augenblicklich wird man den Sand auf dem gespannten Häutchen springen sehen. Es wird dabei allerdings keine Klangfigur entstehen, weil die Röhre nicht mitklingt (eine Figur aber würde entstehen, wenn man sie sorgfältig mit irgend einer seiner Klangscheiben übereinstimmend gemacht hätte), das Vibriren des Sandes aber, ohne daß eine Figur entsteht, beweist allein zur Genüge, daß im ersten Falle keine Schwingungen in der Luftsäule erregt wurden, während dies im letzten Falle geschah. Es ist dies ganz ähnlich dem vorhin beschriebenen Experiment. Da die beiden Abtheilungen der Röhre über der klingenden Scheibe stehen (nicht eine darüber

und die andere darunter), so sind die auf- und absteigenden nicht bei einem und demselben oder bei zwei einander gegenüber liegenden Dreiecken zu suchen, sondern bei zwei neben einander liegenden. Wenn nun v aufwärts schwingt, indessen v' abwärts schwingt, und B nimmt die Bewegung des ersten, A die des andern Theiles an, so sieht ein Jeder leicht ein, daß aus zwei gleich großen, aber in entgegengesetztem Sinne ausgeführten Bewegungen keine Bewegung hervorgeht, die Luftsäule in dem Stiefelknecht, auf solche entgegengesetzte Weise angeregt, also in Ruhe bleiben muß, während im andern Falle beide Bewegungen einander verstärken.

Entgegengesetzte Wellen.

In diesem wie in dem vorhin angeführten Falle des Nichttönens der Doppelröhre sehen wir aus zwei Wirkungen, die gleichzeitig, aber im entgegengesetzten Sinne vor sich gehen, keine Wirkung entstehen. Es ist diese Erscheinung durchaus nicht alleinstehend bei dem Schalle, sie ist vorwaltend bei allen Wellenbewegungen und hat den Namen Interferenz erhalten.

Wenn zwei Wellen genau von gleicher Länge und gleicher Höhe auf einander folgen, so laufen sie ununterbrochen hinter einander fort. Wenn man ein Seil aus einer großen Höhe — von der Spitze eines Mastes, von der Gallerie eines Thurmes — herabhängend hat und man giebt, am unteren Ende stehend, dem Seile einen Schwung, so bekommt es eine Ausbiegung nach der Seite hin, wohin der Stoß gegangen ist und man sieht diese Biegung als Welle bis zu dem oberen Befestigungspunkte laufen.

Wenn man bei dem in Ruhe hängenden Seile diese Wellenbewegung zweimal hinter einander macht, so erhält man zwei Wellen; wenn man in gleichen Zeiten drei oder mehr Wellen macht, so erhält man drei oder mehr an dem Seile hinauflaufende Wellen, welche sich regelmäßig folgen und nicht stören, vorausgesetzt daß die Zeiten der erhaltenen Stöße gleich gewesen sind.

Hat man drei solche Rucke hinter einander gegeben und man läßt nun ein Paar derselben recht schnell nach einander auf die ersteren folgen, so holen die letzteren gewöhnlich die ersteren ein (vorausgesetzt daß die Länge des hängenden Seiles groß genug ist) und dann wird man sehen, daß, sobald dies geschieht, die Wellen der ersteren Schwingungen durch die nachkommenden letzteren plötzlich um ein Bedeutendes verstärkt, daß sie auf das Doppelte gehoben werden, hier verstärkt eine Welle die andere und so, sollte man glauben, müßte es immer sein.

Kehren wir zurück zu der ersten einfachsten Erscheinung, lassen wir eine einzige Welle an dem Seil hinauflaufen und verfolgen wir sie mit aufmerksamem Auge, so werden wir wahrnehmen, daß, sobald sie oben an dem Befestigungspunkte des Seiles angekommen ist, sie umkehrt und das Seil wieder hinabläuft.

Dies ist nicht Alles, was wir sehen: Wenn bei dem Hinauflaufen die Wellenerhöhung auf der rechten Seite war, so werden wir bei dem Hinablaufen dieselbe Biegung auf der linken Seite sehen. Die abwärtsgehenden Wellen haben also eine den aufwärtsgehenden entgegengesetzte Richtung. Setzt man die Schwingungen des Seiles fort, so wird man Anfangs lauter rechts gekehrte Wellen hinauf-, dann aber, indem solche Wellen hinauflaufen, gleichzeitig ganz eben solche, aber verkehrte, hinablaufen sehen.

Es wird nun entweder der Fall eintreten, daß hierdurch die Stärke, die Höhe und Ausschreitung der Wellen verdoppelt erscheint, und dies wird geschehen, sobald die rückschreitenden Wellen von den vorschreitenden regelmäßig um eine ganze Wellenlänge verschieden sind; es kann aber auch der Fall eintreten, daß sie nur um eine halbe Wellenlänge von jenen hinauflaufenden verschieden sind und dann wird man, so lange dies dauert, das Seil zwar im Ganzen schwanken, keineswegs aber Wellen schlagen sehen, weil durch dies nach entgegengesetzter Richtung gehende Ausbiegen die beiden Wellen, die nach rechts aufsteigenden und die nach links absteigenden sich aufheben. Wäre dies vollkommen der Fall, vermöchte man die Abtheilungen der Wellen alle ganz gleichzeitig zu machen und gleichzeitig auf einander folgen zu lassen, so würde aus dem unter zwei gleichen, aber entgegengesetzten Einflüssen schwankenden Seile ein in gerader Linie herabhängendes, gar nicht schwankendes werden.

Interferenz der Wasserwellen.

Dieselbe Erscheinung wird man bei Wasserwellen wahrnehmen. Schon wenn man an zwei verschiedenen Punkten Steine in eine glatte Wasserfläche wirft und die äußersten Kreise beobachtet, wie sie immer weiter und flacher, niedriger werden, nun aber, indem die beiden äußersten Kreise sich berühren, plötzlich sich zur doppelten Höhe steigern, dann aber, indem ein Wellenthal durch einen Wellenberg schreitet, sich ausgleichen, sieht man den Vorgang sehr deutlich; allein man muß wenigstens mit den Erscheinungen vertraut sein und muß wissen, was man sehen wird. Ganz klar aber und auch dem Unbefangensten, im Beobachten nicht eigentlich Geübten, wird die ganze Reihenfolge der Erscheinungen bei einer Rinne mit Wasser werden,

wie sie für Wassermühlen häufig gebraucht werden, und woselbst man, so lange die Wassermasse in der Rinne nicht fließt, sondern steht, das Experiment sehr anschaulich machen kann.

Man befindet sich 20 Schritte weit von der Schütze entfernt und erregt daselbst eine breite, die Rinne ausfüllende Welle, im nämlichen Augenblick thut ein Gehülfe dasselbe an der Schütze, so daß die beiden Wellen einander entgegen laufen. Sobald die ersten Wellenberge sich treffen, steigern sie sich gegenseitig zur doppelten Höhe, dies kann so stark sein, daß in dem Augenblick, wo die beiden Gipfel durch einander hindurch laufen, der oberste Punkt derselben scharf in die Höhe tritt, so daß man das Wasser aufsprützen sieht.

Gleich darauf sinkt der Berg zusammen, weil seine Theile rechts und links weiter schreiten. Dort aber treffen sie auf ihre gegenseitigen Wellenthäler, und da, wo dies geschieht, sieht man eine ebene Fläche sich bilden, aber wo früher der Wellenberg von doppelter Höhe stand, da treffen nun gleichzeitig zwei Wellenthäler zusammen und an dieser Stelle sieht man jetzt, wenn die Rinne nicht mehrere Fuß tief ist, plötzlich für ein paar Augenblicke den Boden der Rinne hervortreten, weil durch die Verdoppelung der Wellentiefe das Wasser wie weggefegt ist.

Es treten natürlich alsbald an beiden Seiten die Wellen wieder hinzu, das Wasser steigt sichtlich, bis ein Wellenthal und ein Wellenberg einander neutralisiren und gleich darauf wieder zwei Wellenberge sich gegenseitig verdoppeln.

Nicht diese Extreme, die Verdoppelung der Wellenberge oder Wellenthäler sind es, welche man Interferenzen nennt, sondern es sind gerade und ausschließlich diejenigen, welche zwischen den beiden äußersten Grenzen liegen, wo zwei gleich große, aber nach entgegengesetzten Richtungen gehende Bewegungen Ruhe erzeugen.

Verstärkung des Tones.

Es lassen sich diese Interferenzen beim Schalle noch auf verschiedene Arten wahrnehmbar machen, nachweisen, da man nicht hörbar machen sagen kann, weil man sie gerade nicht hört.

Zu allen diesen Versuchen bedarf man eines Rohres aus Papier, über eine Holzrolle geklebt, von mäßiger Stärke (zwischen 2 und 3 Zoll Durchmesser) und von veränderlicher Länge. Diese wird dadurch sehr

leicht erlangt, daß man sich die Röhren über einander verschiebbar darstellt, so daß sie wie der Tubus eines Fernrohres verlängert und verkürzt werden könne.

Mit solchem Rohr kann man die Töne einer Chladni'schen Klangscheibe sehr verstärken, indem man dasselbe so lange auszieht oder verkürzt, bis es den Ton der Scheibe angiebt, worauf durch die Consonanz, durch das Mitklingen der Röhre der Ton so mächtig anschwillt, daß nicht mehr verkannt werden kann, ob man das rechte Maß der Länge getroffen hat.

Fig. 240.

Wenn man nun während des Schwingens der Scheibe die Röhre über das Dreieck *b* der Tafel hält, so wird der Ton sich um ein Bedeutendes verstärken; ganz dasselbe wird stattfinden, wenn man die Röhre über irgend ein anderes Dreieck oder unter ein solches hält, so daß eine der Mündungen gerade senkrecht über der Mitte desselben steht.

Wenn man jedoch das Rohr so hält, daß es über einem der Striche befindlich, so wird man nichts hören, es klingt zwar die Scheibe noch hörbar fort, allein die Verstärkung durch die Röhre fehlt, tritt aber ein in dem Augenblick, da man die Mündung der Röhre von dem Theilungsstriche zwischen den beiden Dreiecken hinweg, und über eine der schwingenden Flächen führt. Geschieht dies, während man die Tafel zum kräftigen Tönen gebracht hat, in einem Zuge, so daß man über die Tafel in einem möglichst weiten Umkreise mit der Mündung der Röhre hinwegfährt, nahe genug, um ihre Luftschwingungen aufzunehmen, nicht so nahe, daß man sie berührt und dadurch ihre Schwingungen hemmt, so wird man den Ton viermal bei jedem Umzuge sich erheben hören und wird, so wie die Röhre über eine der Knotenlinien hinweggleitet, wahrnehmen, daß er verschwindet.

Interferenz bei einer Stimmgabel.

Auch durch eine Stimmgabel sind die Interferenzen sehr leicht wahrnehmbar zu machen. Eine Stimmgabel, ein Jedermann bekanntes Hülfswerkzeug für die musikalische Stimmung der Saiteninstrumente, giebt einen sehr schwachen, kaum hörbaren Ton, wenn man dieselbe bei dem Fuße faßt und gegen einen Widerstand leistenden Körper schlägt (man nimmt dazu nicht gern Holz, weil davon ein Klirren des Stahles entsteht, welches den Ton bedeutend beeinträchtigt, man schlägt gewöhnlich auf den etwas empor ge-

hobenen und gespannten Schenkel oder auf die straff gestreckte Muskulatur der hohlen Hand).

Wenn man aber die so angeschlagene Stimmgabel in die Nähe des Ohres hält, so wird der Ton sehr laut und vernehmbar. Wer nun dies zu beobachten gelernt hat, der wird finden, daß dieselbe Stimmgabel einmal einen schwachen, ein andermal einen viel stärkeren Ton angiebt. An manchen Leuten geht allerdings dergleichen spurlos vorüber, der Aufmerksame aber fragt sich nach der Ursache und er wird finden, daß in der Art, wie er die Stimmgabel hält, die Ursache der Verstärkung oder Schwächung des Tones zu finden sei. Hält er dieselbe so, daß gerade die Oeffnung der Gabel dem Ohre gegenüber ist, oder so, daß die volle Fläche einer Gabelzinke vor der Ohröffnung steht, dann ist der Ton, den die Stimmgabel giebt, am stärksten.

Faßt man die Stimmgabel bei dem Stift, welcher die beiden Zinken derselben vereinigt, und hält man sie, nachdem sie angeschlagen worden, an das Ohr in einer der angegebenen Lagen, dreht man sie ferner nunmehr langsam zwischen den Fingern, so daß man aus einer der Lagen in die andere übergeht, also daß aus der Stellung || O, im Laufe einer Secunde die Stellung = O wird (hier bedeuten die beiden Striche die Stellung der Zinken gegen das Ohr O), so hat die Stimmgabel einen Viertelskreis durchlaufen und hierbei wird man an eine Stellung gekommen sein, welche genau zwischen den beiden parallelen Stellungen der Schenkel liegt, wobei also die Stimmgabel keine einfache, auch keine Doppelfläche, sondern eine ihrer scharfen Kanten gegen das Ohr richtet.

Genau in dieser Stellung der Gabel wird auch das schärfste Ohr keinen Ton hören, während von dieser Stellung aus, ob man die Gabel rechts oder links dreht, der Ton hörbar zu werden beginnt und immer mehr steigt, bis er am stärksten ist in einer der beiden Stellungen, welche oben angedeutet wurden.

Dreht man, nachdem man sich das Experiment verständlich gemacht hat, die Gabel tönend vor dem Ohre ununterbrochen fort, so erhält man viermal bei jeder Umdrehung ein Anschwellen des Tones bis zur größten Stärke und eben so oft ein Herabsinken desselben bis zum völligen Verschwinden.

Interferenzen bemerkbar für Viele.

Das hier angegebene Mittel, diese Interferenzstellen aufzusuchen, dient nur für einen einzelnen Menschen, der das Experiment an sich macht, man

ist jedoch auch im Stande, dasselbe vielen Leuten zugleich wahrnehmbar zu machen, dies geschieht durch eine mitklingende Röhre.

Entweder man schiebt die oben beschriebene Röhre von Pappe so weit zusammen, bis sie mitklingt, oder (wenn dies nicht gehen sollte, weil sie nicht für so geringe Längen wie der hohe Ton einer Stimmgabel erfordert, eingerichtet ist) man nimmt ein schlankes Bierglas, eine Medicinflasche zu Hülfe. Eine solche kann sehr leicht durch Wasser abgestimmt werden. Man schlägt die Stimmgabel an, um ihren Ton kennen zu lernen, dann bläst man die Flasche an, d. h. man bläst über die Mündung hinweg, als ob man auf einem Schlüssel bläst. Ist der Ton zu tief, so ist die Flasche brauchbar, ist derselbe höher als der Ton der Stimmgabel, so kann man die Flasche zu dieser Stimmgabel nicht verwenden.

Die Höhe eines Tones einer Orgelpfeife hängt von ihrer Länge ab. Auch die Medicinflasche, auch das Bierglas kann solch eine Orgelpfeife werden, wenn man sie richtig behandelt und anbläst, auch solche Flasche kann man stimmen, wie man eine Orgelpfeife stimmte, wenn sie höher tönen soll, man verkürzt sie. In die Orgelpfeife treibt man einen Stöpsel, in die Flasche gießt man Wasser, beides verkürzt den tönenden Luftraum und erhöht folglich seinen Ton.

Hat man nun eine Flasche oder ein cylindrisches Glas gefunden, dessen Ton etwas tiefer ist als der der Stimmgabel, so gießt man etwas Wasser hinein und hält dann die vibrirende Stimmgabel darüber. Falls nunmehr der Ton der Gabel und des Glases ganz gleich ist, so wird in dem Augenblick, wo die Fläche der Stimmgabel über die Mündung des Rohres kommt, dies voll und kräftig mitklingen. Ist der mitklingende Ton nicht sehr stark und rund, so ist dies ein Beweis, daß die beiden Töne nicht vollkommen gleich sind, dann muß man noch ein paar Tropfen Wasser zugießen, vielleicht auch abgießen, dies muß ausprobirt werden, es läßt sich nicht auf einmal machen, Geduld gehört dazu. Erst wenn die Töne vollkommen gleich sind, also die Flasche oder das Rohr vollständig mitklingt, kann man das Experiment machen, wegen dessen die Abstimmung des Glases vorgenommen wurde, nämlich die Interferenz der Töne zu zeigen.

Wie vorher an das Ohr, so hält man jetzt die Stimmgabel an die Mündung der Flasche dergestalt, daß eine Fläche derselben gerade über der Oeffnung steht. Wenn die Gabel schwingt, so setzt sie die ihr nächstgelegenen Luftschichten in dieselben vibrirenden Bewegungen, diese theilen die empfangenen Stöße weiter mit und so gelangen sie in die Flasche, welche in Folge derselben tönt.

Dreht man nunmehr, wie oben beschrieben, die über die Mündung

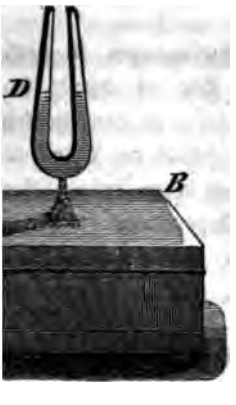
Stimmgabel zwiſchen den Fingern, ſo daß bald eine Kante, bald
che über der Flaſche ſchwebt, ſo wird man den Ton nach und
hwellen, ſinken und verſchwinden, wieder anſchwellen bis zur größten
hmen und ganz verſchwindend finden. An den Kanten, welche
kung haben, treten nämlich gleichzeitig über der Oeffnung Schwin-
on gleichem, aber entgegengeſetztem Werthe auf. Die eine
ückt die Luft in der Flaſche 400 Mal zuſammen, die andere dehnt
o oft und um eben ſo viel aus, daher bleibt die Luft unausge-
unzuſammengedrückt und kann folglich nicht tönen.

dem Ohre ſchwebend in dieſer Stellung treibt die vibrirende
bei die Luft 400 Mal in das Ohr hinein und drückt das Trommel-
Mal nach einwärts, eben ſo oft aber verdünnt dieſelbe Stimm-
Luft und verlangt, daß das Trommelfell ſich auswärts biege.
ugleich iſt nicht möglich, daher bleibt das Trommelfell ruhig in
türlichen Lage, man hört alſo nichts.

Vibration der Luft.

viel auffallender beweiſt das Tönen der Luft aber folgendes
t.

Fig. 241.



Man läßt ſich einen Kaſten von der Form AB machen. Der hier dargeſtellte iſt vielleicht etwas zu kurz im Verhältniß zu ſeiner Breite und Höhe. Ein Cigarrenkiſtchen für 100 Stück würde durchſchnittlich als das rechte Maß gelten können, dies iſt jedenfalls das einfachſte, wenn auch nicht eleganteſte.

Die eine ſchmale Seite bleibt offen, ſonſt iſt der Kaſten rundum geſchloſſen.

Auf der Mitte der einen Seite iſt ein Klötzchen aufgeleimt, welches den Stiel der Stimmgabel aufnimmt. Bevor man aber die Befeſtigung vornimmt, muß man
ugt haben, daß die Stimmgabel den Kaſten zum Mittönen bringt,
beide einen vollkommen gleichen Ton haben.
zweites Käſtchen wird ganz eben ſo, genau nach demſelben Maße
nd eine gleichfalls mit der erſten übereintönende Stimmgabel wird
uf befeſtigt.

Wenn man nun die eine der beiden Stimmgabeln *D* mit einem Violoncellbogen kräftig ſtreicht, ſo daß ſie mit der Luftſäule in dem Kaſten zuſammen tönt und man fährt nun mit der Oeffnung *A* des Kaſtens, worauf ſie ſteht, bei der Oeffnung des andern Kaſtens ſo vorüber, daß beide Mündungen nur auf einen Augenblick einander gerade gegenüber ſtehen (obſchon mehrere Zoll weit von einander entfernt), ſo wird augenblicklich die zweite Stimmgabel voll und kräftig mittönen, ſie iſt nicht durch einen Bogenſtrich, ſie iſt nicht durch Aufſchlagen zum Vibriren gebracht, ſondern lediglich dadurch, daß die Luft innerhalb des unter ihr befindlichen Kaſtens in diejenige Anzahl von Schwingungen verſetzt iſt, welche der Zahl der Schwingungen entſprechen, die nöthig ſind, um die Stimmgabel tönend zu machen.

Daß dieſe zweite Stimmgabel tönt, davon kann man ſich ſehr leicht überzeugen, nicht ſowohl dadurch, daß nach dem Vorbeiführen des einen Kaſtens vor dem andern der Ton ſtärker geworden iſt, ſondern dadurch, daß man die zuerſt geſtrichene, tönende Stimmgabel dämpft, bei ihren Zinken zwiſchen die Finger nimmt; ſie ſchweigt natürlich augenblicklich, aber der Ton dauert fort, weil die andere Stimmgabel ihn in voller Kraft aufgenommen hat.

Oerſted's Klangfiguren.

Es iſt von großem Intereſſe, dieſe Schwingungen zu verfolgen und dazu hat Oerſted die Mittel angegeben. Wie es häufig ſo geht mit Leuten, welche ein wiſſenſchaftliches Fach betreiben, zu dem ſie keinen Beruf haben, ſo auch mit ihm. Es waren ihm als Lehrer der Phyſik wohl einige Werke, welche darüber handelten, vielleicht ſogar deren Inhalt bekannt, allein er kannte meiſtentheils die Grundlage der Experimente nicht. Er hatte etwas von Chladni'ſchen Klangfiguren gehört, „man ſtreut leicht bewegliche Körper (Sand u. dergl.) auf die Glastafeln, ſtreicht ſie mit dem Violinbogen, dann bilden ſich Figuren."

Nun lagen dem gelehrten Dänen die Lichtenberg'ſchen Figuren im Gedächtniß; um dieſe zu erzeugen, nimmt man Bärlappſamen, das wird ja wohl auch gehen, dachte er, und ſiehe da, es ging wirklich. Er zeigte dieſe Figuren Jahre lang als Chladni'ſche Klangfiguren, was ſie jedoch nicht ſind, eine Erfahrung, welche er zuerſt machte, als ein deutſcher Studioſus, der ſchon auf mehreren deutſchen Univerſitäten Phyſik gehört hatte und zu ſeinem Vergnügen noch Schweden und Dänemark bereiſte, ihn

auf den Unterſchied der von ihm erzeugten und der Chladni'ſchen Klangfiguren aufmerkſam machte.

Hiermit trat eine neue Erfindung von Oerſted in's Leben und man hat jetzt ſeit einigen Jahrzehnden Oerſted'ſche Klangfiguren neben Chladni'ſchen. Dieſelben unterſcheiden ſich von denen des gründlichen Deutſchen, der ſie geſucht und erdacht hat, ſehr weſentlich. Die Chladni'ſchen Klangfiguren ſtellen eine Art Karte dar, von den bewegten Theilen und den ruhenden Theilen der Scheibe, es ſind Zeichnungen von geraden und krummen Linien, zwiſchen denen reine Flecke die Stellen zeigen, welche abwechſelnd erhoben und vertieft werden (ſchwingen, vibriren), indeß die mit Sand belegten Linien die Stellen bezeichnen, welche bei der klingenden Scheibe in Ruhe bleiben.

Die Oerſted'ſchen Figuren haben mit den Vibrationen der Glas- oder Metallſcheiben nichts zu thun, ſie ſtellen die Bewegung der Luft über der zitternden Scheibe dar, deshalb ſieht man ſie auch nicht auf den Ruhelinien, ſondern auf den Flächen, welche der Sand leer läßt.

Staubwirbel.

Man beſtäubt eine zu Klangfiguren beſtimmte Scheibe, von mehr als gewöhnlicher Größe, wenigſtens 6 Zoll Seite haltend, ziemlich ſtark mit Semen Lycopodii und ſtreicht nunmehr die Scheibe mit einem Violinbogen, ſo daß ſie das Diagonalkreuz giebt, dies iſt nämlich die am leichteſten zu erhaltende Figur, welche die größtmöglichſte Fläche der Scheibe ſchwingen läßt.

Sobald die Scheibe tönt, wird man den Staub ſich von den Ruhelinien hinweg bewegen, nach der Mitte der Dreiecke ziehen ſehen, hier tanzt und kreiſt er anfänglich ziemlich unregelmäßig, dann entſtehen deutliche Staubwirbel, der Bärlappſamen ſchwirrt lebhaft umher und fällt, ſo wie die Scheibe nicht mehr ſchwingt, in einer großen Menge vollkommen kreisförmiger Häufchen nieder.

Der Tanz dieſer Häufchen, bevor ſie ſich zur Ruhe ſenken, iſt ſehr unterhaltend, es iſt etwas ganz Eigenthümliches darin, es iſt als ob eine unſichtbare Gewalt die Partikelchen zuſammenführte und zu den Wirbeln nöthigte. Die Luft iſt dabei auf eine ſo heftige Weiſe bewegt, daß ſich damit noch ein ſehr intereſſantes Experiment verbinden läßt.

Bevor man dazu ſchreitet, ſtimmt man ein Rohr von Pappe durch Zuſammenſchieben oder Strecken ſo ab, daß es gerade den Ton der Scheibe hat. Nunmehr läßt man die mit Bärlappſamen beſtreute Scheibe durch den Bogen ſchwingen und hält wie zur Verſtärkung des Tones das Rohr

über eines der Dreiecke. In dem Augenblick, wo daſſelbe mittönt, iſt der Staub von der Stelle verſchwunden, und wenn man das Rohr nun an eine andere klingende Stelle führt und ſcharf danach ſieht, was denn eigentlich dabei vorgeht, ſo nimmt man wahr, daß ſich von allen Seiten der Staub nach dem Rohre zu ſtürzt und darin aufſteigt, wie der Rauch im Schornſtein.

Durch die Scheibe werden demnach im Klingen nicht nur Luftwirbel erregt, um den Bärlappſamen kreisförmig zu drehen und in abgeſonderte Halbkügelchen aufzuhäufen, ſondern die dadurch erregten Schwingungen bringen auch in der gleichgeſtimmten Röhre einen Ton hervor und die darin erregte Bewegung zieht wie eine Saugepumpe die vibrirende Luft empor, wie wir beim Tönen der Orgelpfeife, um die Luftſchwingungen ſichtbar zu machen, bereits gezeigt.

Savart's Staubfiguren.

Zum Beweiſe, daß es nicht die Scheibe, ſondern die durch dieſelbe bewegte Luft ſei, welche dieſe Figuren bildet, dient, daß keins dieſer Experimente im luftleeren Raum anzuſtellen iſt. Savart, welcher vielleicht das Großartigſte geleiſtet hat, was in dieſer Hinſicht zu erzielen iſt, bewerkſtelligte auch die Vibration einer Glasſcheibe im luftleeren Raum, unter ſehr großen Glocken. Daß der Ton nicht zu hören war, verſteht ſich von ſelbſt, denn die Luft gehört nun einmal als unerläßliche Bedingung zur Fortpflanzung des Schalles. Die Chladni'ſchen Klangfiguren dagegen traten in aller Schärfe hervor, weil ſie lediglich von der Vibration der Scheibe abhängen, keineswegs von der ſie umgebenden Luft. Etwas Anderes war es mit den Oerſted'ſchen Figuren, dieſe im luftleeren Raum darzuſtellen, gelang eben ſo wenig, als man den Staub der Lycopodium-Pflanze dazu brachte in der Röhre empor zu ſteigen. Dies dürfte als ein ſehr ſicherer Beweis dafür angeſehen werden, daß die bewegte Luft allein es iſt, welche die Oerſted'ſchen Figuren erzeugt.

Savart hat noch eine ſehr ſchöne Modification dieſes Verſuches angegeben, welcher nicht weniger wie der vorige die Betheiligung der Luft bei den Bewegungen des Staubes zeigt.

Wenn man den Bärlappſamen auf die Scheibe geſtreut hat und ſtreicht nun mit dem Bogen nicht ſenkrecht auf die Richtung der Platten, ſondern ſchräg, ſo ſieht man zwar auch die gedachten Wirbel entſtehen, allein ſie bewegen ſich horizontal fort, am deutlichſten und ſchönſten, wenn die Scheibe kreisförmig iſt und im Mittelpunkte gehalten wird.

Allerdings muß hierbei der Bogen kräftig und wiederholt geführt werden, allein in dieſem Falle iſt auch der Erfolg unzweifelhaft und der Marſch

der kugelförmigen Häufchen ſo lebhaft, daß man ihm mit Verwunderung und mit Vergnügen zuſieht.

Die Reibung mit dem Bogen in ſchräger Richtung bewerkſtelligt ein Vibriren der Scheibe nicht bloß auf und ab, ſondern auch in der Ebene der Scheibe ſelbſt, ſo werden die Lufttheilchen und mit ihnen die Staubtheilchen der Scheibe nicht bloß auf und ab, ſondern auch ſeitwärts geſchleudert, und da durch den wiederholten Bogenſtrich die ſeitlichen Vibrationen verſtärkt und beſchleunigt werden, ſo wird auch die Luft und mit ihr der Staub in immer ſchnelleren Kreiſen umher getrieben.

Vibrationen dem Waſſer mitgetheilt.

Von welcher Gewalt die Vibrationen einer Scheibe übrigens ſind, davon kann man ſich überzeugen, wenn man eine ſolche in die Schraubenzwinge der Fig. 219 (ſ. S. 35) klemmt, mit der einen Hand ſo hält, daß die Scheibe ſenkrecht ſteht, ſie mit einer Kante in eine Schüſſel mit Waſſer taucht und nun an der Seite mit dem Bogen die Scheibe ſtreicht.

Der Bogen muß jedoch nicht in der Mitte einer Seite angeſetzt werden, wodurch das Diagonalkreuz entſtehen würde, ſondern in der Nähe einer Ecke, wodurch man das gerade Kreuz hervorbringt.

Wenn dies geſchieht, ſo wird das Waſſer in dem Becken nicht bloß erzittern und kleine Wellen ſchlagen, ſondern es wird mit ſolcher Gewalt gepeitſcht, daß es hoch in feinen Bogen emporſpritzt und über die Ränder der Schüſſel hinwegfliegt, dabei ſind die Bewegungen des Waſſers, ſo weit es in der Schüſſel bleibt, vollkommen regelmäßig; es entſtehen nämlich an jeder Seite der Tafel zwei Wirbel oder Strudel, welche von den äußern Kanten im Bogen nach der Mitte der Tafel zu führen, hier zuſammen kommen, auf die Tafel zuſtrömen und nunmehr ſich abermals theilen, von der Mitte der Tafel jederſeits nach den Kanten zuſtrömen, um wieder von Neuem in den Kreislauf einzutreten.

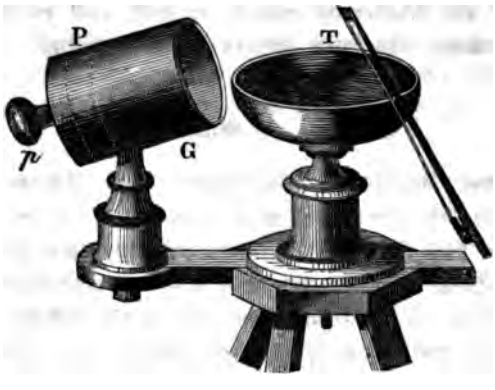
Vibrationen einer Glocke.

Beabſichtigt man, die Vibrationen einer Glasglocke ſichtbar zu machen, ſo iſt dies mit trockenen Subſtanzen, mit Sand, mit Staub nicht möglich, weil beides von den gekrümmten Flächen herabfällt. Man verfährt daher auf folgende Weiſe:

Auf eine feſte Unterlage, einen Tiſch, oder was es ſei, befeſtigt man eine Glocke *T*, ſo daß ihr Knopf, ihr Griff nach unten gekehrt, in dem

Holz des Fußes ſteckt, indeß die weite Oeffnung nach oben gerichtet iſt. Die Glocke kann von einem gegoſſenen elaſtiſchen Metall oder von Glas ſein, von geſchlagenem Metall, alſo z. B. aus Meſſing getrieben darf man ſie nicht nehmen, weil hierdurch keine vollkommene Gleichartigkeit des metalliſchen Gefüges erzielt werden kann, welches zu regelmäßigen Schwingungen unerläßlich iſt.

Fig. 242.



Wenn die Befeſtigung der Glocke gut iſt, ſo wird man ſie mit dem Bogen ſehr wohl ſtreichen und zum kräftigen Tönen bringen können. Es iſt dabei weſentlich, daß der Ton rein ſei, daß nicht verſchiedene Töne durch einander ſchwirren, iſt dies der Fall, ſo erhält man keine reine Figuren.

Klingt die Glocke gut (was bei Glas meiſtens der Fall iſt), ſo füllt man zur Hälfte oder zum dritten Theile Waſſer hinein. Wenn man nunmehr den Rand der Glocke ſtreicht, ſo ſieht man von dem Körper derſelben ſich gekräuſelte Wellen über die ganze Waſſerfläche verbreiten, welche jedoch ganz deutlich in vier Dreiecke geordnet ſind, ſolchergeſtalt, daß die Wellen an den Rändern der Glocke am ſtärkſten ſind, gegen die Mitte zu immer kleiner und niedriger werden, und eben ſo nach den geraden Linien hin, welche die Dreiecke, vom Mittelpunkte ausgehend, als Radien eines Kreiſes begrenzen. Man ſieht an dieſen Stellen mit den kleinſten, beinahe verſchwindenden Wellen die Knotenlinien der Glastafeln, man kann durch Dämpfen mit dem Finger in einer angemeſſenen Entfernung von dem Bogen die Theilung in mehr Dreiecke bewerkſtelligen. Die angemeſſene Entfernung muß allerdings näher bezeichnet werden.

Es ſchwingt eine jede runde Tafel oder eine Glocke in vier, ſechs, acht, jederzeit aber in einer paarigen Anzahl von Abtheilungen, der Ruhelinien ſind eben ſo viele als der ſchwingenden Stellen; ſind der ſchwingenden

Stellen vier, so liegen sie um einen Viertelkreis aus einander, um einen Sechstel- oder Achtelkreis, wenn der schwingenden Abtheilungen sechs oder cht sind.

Da wo der Bogen angesetzt wird, findet die größte Ausbiegung der Scheibe oder Glocke beim Tönen statt, und von dieser Stelle zählt man die Entfernung desjenigen Punktes, den man dämpfen muß. Soll die Scheibe der Glocke in vier Abtheilungen schwingen, also den tiefsten Ton angeben, essen sie fähig ist, so dämpft man sie bei $\frac{1}{8}$ des Umkreises von dem Bogen, soll die Glocke in sechs Abtheilungen schwingen, so dämpft man sie i $\frac{1}{12}$, soll sie in acht Abtheilungen schwingen, in $\frac{1}{16}$ des Kreisumfanges er Scheibe, und man wird allemal den Ton dieser Abtheilung entsprechend höher finden als vorher, man wird die Dreiecke mit den Wellen immer leiner, die Wellen aber immer kürzer werden sehen, je näher die Dämpfstelle an der Stelle des Bogenstriches liegt.

Wenn man diese Wellenbewegungen recht deutlich sichtbar machen will, so streut man auf das Wasser in der Glocke, so lange dieselbe in Ruhe steht, Bärlappsamen. In dem Augenblick, in welchem man streicht, entstehen in dem Bärlappsamen noch viel heftigere kreisende Bewegungen, als wenn derselbe auf einer tönenden Scheibe läge, die Häufchen ordnen sich eben so und bleiben, wenn die Glocke zu schwingen aufhört, auf der ruhenden Wasserfläche zu Kreisen geordnet liegen.

Verstärkung des Tones.

Die Mittheilung des Tones an die Luft kann bei einer Glocke eben so gezeigt werden wie bei einer Scheibe. Die Fig. 242, S. 60 giebt hierzu die nöthige Anordnung. *PC* ist eine weite Röhre von Pappe, welche bei *C* auf einem Fuße steht, der, wie die Figur zeigt, mit dem Tische, auf welchem die Glocke steht, durch einen Schieber so in Verbindung ist, daß man sie näher an die Glocke bringen oder weiter davon entfernen kann.

Die Röhre muß etwas länger sein als muthmaßlich nöthig, damit man sie abstimmen könne, dies geschieht durch einen breiten Stöpsel, einem Pfropfen *P* von Holz, mit Tuch seitlich bezogen, so daß er sich in der Röhre ohne große Gewalt verschieben läßt, ein Stiel an diesem Pfropfen, mit einem Knopf versehen, dient dazu, den Spunt, welcher die Länge der Röhre reguliren soll, bequem zu verschieben.

Es ist dies einer von jenen leicht herstellbaren Apparaten, welchen ein jeder Dilettant sich selbst machen kann (eine Glasglocke und eine Pappröhre, die erstere mit dem Knopfe eingeklemmt, die andere auf einen Fuß geleimt)

und welche wegen ihrer großen und verschiedenartigen Wirkung von bedeutendem Interesse sind.

Die Verbindung der Glocke mit dieser Röhre gestattet eben so gut, die Verstärkung des Tones als die Interferenzstelle zu zeigen; man darf den Bogenstrich nur gerade da anbringen, wo in der Figur der Bogen zu sehen ist, d. h. solchergestalt, daß er nicht der Mündung der Röhre gegenüber, sondern seitlich von derselben wirke, und bei *T* dämpfen, d. h. um einen rechten Winkel von der Mitte der Mündung entfernt, so wird die Röhre nicht mittönen, denn sie steht einer Knotenlinie gerade gegenüber und es sollen also in demselben Augenblicke gleich viel in dieselbe hinein- und aus derselben herausgehende Luftwellen erzeugt werden, welches unmöglich ist. So wie man aber dies einfache Experiment damit zeigen kann, so dient der Apparat auch, das ganze Zimmer in eine Orgelpfeife zu verwandeln, wenn dasselbe dem Ton entspricht, denn man darf die Mündung der Glocke nur gegen eine Ecke des Plafonds wenden, so wird der Ton des Zimmers, sogar des größten Saales kräftig angegeben werden, ja bei gleicher Stimmung und starkem Bogenstrich wird das Zimmer schmetternd mittönen.

Da alles Tönen auf Vibration der Luft beruht, so kann auch ein Zimmer, ein Saal nicht anders tönen, als daß die Luft darin in zitternde Bewegung gesetzt wird. Dem bekannten französischen Gelehrten Savart ist es gelungen, auch diese Vibrationen sichtbar zu machen, indem er eine große und zarte Membrane (Goldschlägerhaut) auf einen Rahmen spannte, mit Sand bestreute und diese längs der Mauer des Saales fortführte. So fand er nicht nur die Vibrationen wirklich vor, indem der Sand auf dem feinen Häutchen sprang und hüpfte, er konnte sogar die Schraubenlinie verfolgen, in welcher der Reflex des Tones von den Wänden vor sich ging.

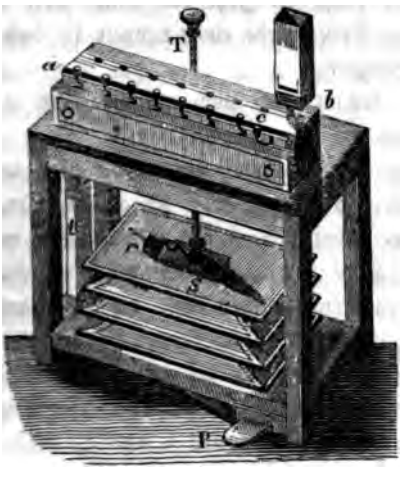
Longitudinalschwingungen.

Um die Gesetze der Töne und der Tonfolge bei Röhren (Flöten, Pfeifen) anschaulich zu machen, muß man vor Allem eine Vorrichtung haben, um mehrere Pfeifen zugleich ansprechen zu lassen; hierzu dient sehr gut ein sogenannter Blasetisch, wie ihn die Glasbläser haben, nur mit dem Unterschiede, daß statt einer schmutzigen Oellampe ein reinlicher Windkasten darauf steht, welcher bestimmt ist, die Mündungen der Pfeifen aufzunehmen und sie tönen zu lassen. Fig. 243 auf der folgenden Seite zeigt den Apparat, der eigentlich kaum einer Beschreibung bedarf.

Unter einem ziemlich starken Tische befindet sich ein Blasebalg mit mehrfältiger Windlade *S*, welcher durch den Tritt *P* in Bewegung gesetzt

erden kann. Bei S befindet ſich ein Gewicht, welches die Windlade drückt, daß dieſelbe vermöge der darauf liegenden Laſt der Luft eine ſtärkere als die gewöhnliche Spannung giebt. Von S geht durch den Tiſch hindurch ein Stab mit einem Griffe T, vermöge deſſen man den Druck auf die Windlade und alſo die Stärke der Spannung im Innern bedeutend vermehren kann, damit dies jedoch nicht in einem zu hohen Grade geſchehe und etwa dem Blaſebalg ſchädlich werde, iſt bei r in der Nähe des Gewichtes ein Ventil angebracht, das ſich nach außen öffnet, zwar von einer ſtarken Feder gedrückt wird, doch zur rechten Zeit nachgiebt.

Fig. 243.



Oben auf dem Tiſche ſteht der Windkaſten ab, mit einer Reihe von Löchern, in deren erſtem bei b eine Orgelpfeife ſteckt. Der Wind geht aus dem Blaſebalg durch ein Rohr t auf der linken Seite des Tiſches in den Windkaſten und aus dieſem in die Pfeifen. Damit aber dieſe nicht ſämmtlich zugleich tönen, befindet ſich unter jedem Loche eine kleine Lederklappe, welche den Austritt der Luft verhindert, bis ſie durch einen Druck von außen gehoben wird; hierzu ſind in der Linie ac eben ſo viele Knöpfe angebracht als Löcher in dem Windkaſten ſind. So lange man irgend einen der Knöpfe herabdrückt, hält man das ſeiner Stellung entſprechende Ventil offen und die Flöte kann tönen; ſobald der Druck nachläßt, ſchließt ſich durch eine Feder die Klappe.

Durch dieſen Apparat hat man es in ſeiner Gewalt, einen gleichmäßig ſtarken Luftſtrom lange Zeit auf Pfeifen und Sirenen wirken zu laſſen, bei weitem ſicherer und dauernder, als es durch die Lunge möglich wäre; überdies kann man ein Dutzend Pfeifen zugleich anblaſen, was ohne einen ſolchen Apparat ſchon gar nicht ausführbar iſt. Mittelſt deſſen und der nöthigen Pfeifen aber iſt man im Stande, alle Geſetze der Luftſchwingungen zu verfolgen.

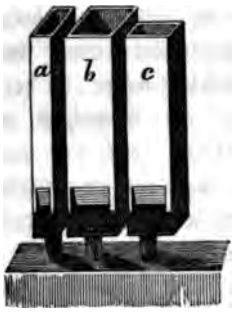
Die Form der Pfeifen iſt nach der Theorie ganz gleichgültig. Wie wenig die Praxis dieſem Geſetze entſpricht, kann man ſich mittelſt Pfeifen von verſchiedener Form bald klar machen.

Form der Luftsäule.

Das Gesetz spricht einfach aus, es hängt die Höhe des Tones von Länge der Pfeife ab, eine halb so lange Pfeife giebt einen doppelt so hol Ton, die übrigen Verhältnisse sind gleichgültig.

Es ist dies durchaus falsch, es kommt auch noch auf die Tiefe Pfeife und auf die Breite des Labiums an.

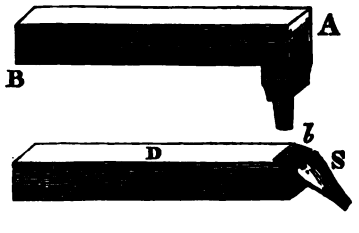
Fig. 244.



Betrachten wir uns noch einmal die hier derholte Figur, so sollten, weil sie gleiche Lä haben, die drei Pfeifen *a*, *b* und *c* einen Ton ganz gleicher Höhe geben, vielleicht wird die bung, die Kraft eine andere sein, die Höhe der Theorie nach in allen gleich langen Pfeifen gl sein; dies findet auch statt bei den beiden gl dicken *a* und *b*, obwohl sie sehr verschieden Breite sind, nicht so ist es mit *b* und *c*, obs sie gleich lang und gleich breit sind. Hier g die weniger dicke Pfeife *c* einen viel höheren T

Wo eine Pfeife angeblasen werde, wenn es nur an einem der En geschieht, ist gleichgültig. Man kann es daher machen, wie in *AB*,

Fig. 245.



die Pfeife über Eck angeblasen w oder wie bei *D*, wo das Rohr *S* ei beliebigen Winkel mit dem Labium macht, das verändert den Ton ni wenn jedoch bei einer breiten Pf die Labialöffnung nicht die ganze Br der Luftsäule einnimmt, so wird durch sofort der Ton erniedrigt, wenn man die Labialöffnung in einer Ecke macht, statt sie die ganze Br der Pfeifen einnehmen zu lassen, so ist der Ton um eine Octave niedri

Der Einfluß des freien Zutritts der Luft ist so groß, daß eine k seitliche Begrenzung schon einen Unterschied macht. Wenn man zwei Pfe von gleicher Länge und Dicke, so wie von gleicher Lippenbreite, welche einen ganz gleichen Ton haben, neben einander auf den Blasetisch bri an der einen Pfeife aber, neben der Windspalte, von jeder Seite ei thalergroßen Lappen von Pappe, Holz oder Zinn befestigt, so wird der T um eine Terz tiefer und durch größere Annäherung oder Entfernung m ficirt sich der Ton bedeutend.

ben von so großem oder vielmehr von noch größerem Einfluß auf die es Tones ist die Entfernung des oberen Labiums von der Spalte; um läßt sich theoretisch gar nicht vorher bestimmen, im Gegentheil ach dem an sich einfachen Gesetze longitudinal schwingender Körper nz gleichgültig sein, wenn nur Wind genug da ist, damit die Pfeife pt anspricht; es ist jedoch keineswegs so, die richtige Entfernung des Labiums von der Windspalte muß durch Versuche gefunden werden, e Entfernung zu gering, so hat man beim Anblasen statt des Grund- e Terz, ja wohl gar die Quinte.

anz eben so verhält es sich mit der entgegengesetzten Oeffnung, sie größtem Einfluß auf die Höhe oder Tiefe des Tones, wenn, statt Röhre regelmäßig cylindrisch oder prismatisch verläuft, das obere h erweitert, also zu einem umgekehrten Kegel oder einer umgekehrten be wird, so erhält man dadurch einen höheren Ton, wird hingegen ndung enger gemacht, auch pyramidal oder konisch, aber aufrecht so wird der Ton der Pfeife tiefer. Es beruht hierauf die Mög- des Stimmens offener Pfeifen. Für zinnerne und cylindrische bedient

g. 246.

man sich eines Instruments von der Form *rf* der neben- stehenden Fig. 246: eines Kegels, den man mit seiner Höhlung auf die Pfeifenmündung drückt, wenn sie ver- engert, wenn der Ton tiefer gemacht werden soll, den man aber umgekehrt mit dem Ende *r* in die obere Mün- dung drückt, wenn diese erweitert, wenn der Ton höher gemacht werden soll.

Der Theorie nach müßte eine offene Pfeife einen gewissen Ton geben, wenn sie nur überhaupt offen ist. Ein Fernrohr giebt ein rundes Bild, auch wenn man die Hälfte, ja drei Viertheile des Objectivglases zudeckt. erhalten der offenen Röhren ist nachgerade auch ein gesetzmäßiges, t die Gesetze aus den Erfahrungen hergeleitet, allein dies sollte nicht sein, sie müßten aus den allgemeinsten Begriffen abgeleitet werden

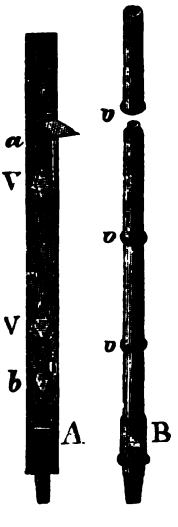
Einfluß der Dimensionen.

uch mit dem Verhältniß der Länge zur Weite ist es so. Die Theorie nur von der Länge der longitudinal schwingenden Körper und sagt, eite sei gleichgültig, die Praxis erwidert darauf: „daß dem gar nicht dern daß die Weite von großem Einflusse sei."

Sobald man eine 3 bis 4 Fuß lange Pfeife von sehr geringer Breite hat, wird man dieselbe an vier bis fünf verschiedenen Stellen durchschneiden können, ohne daß dadurch die Höhe des Tones im Geringsten verändert wird. Diese Stelle kann gefunden werden, wenn man die Pfeife so anbläst, daß sie ohne alle Künstelei im Blasen leicht anspricht. Man wird alsdann wahrnehmen, daß die Höhe des Tones gar nicht der Länge angemessen ist.

Man sucht sich nun diejenige kurze Pfeife, welche diesen Ton hat und trägt ihre Länge über auf die lange Pfeife, und schneidet sie an denjenigen Stellen durch, welche diesen Längenabtheilungen entsprechen. Auf solche Weise erhält man nunmehr eine zerstückelte oder zusammengesetzte Pfeife *B*, welche durch Schrauben bei den Stellen *vvv* zu vereinigen oder zu trennen ist, und es ist gleichgültig, ob man die Pfeife *b* anbläst, wenn sie aus einem, zwei, drei oder vier Stücken bestehe. Im Besitz des Professor Dove befindet sich eine so construirte Pfeife, welche aus fünf Ansätzen gebildet ist und den nämlichen Ton bei einem oder bei allen fünf Stücken giebt.

Fig. 247.



Es entstehen bei langen Pfeifen nämlich von selbst Abtheilungen, wenn sie nicht in einem guten Verhältniß der Länge zur Breite stehen. Eine offene Pfeife von richtiger Proportion hat einen Knoten in der Mitte, ist sie für ihre Breite zu lang, so giebt sie nicht mehr den Grundton, sondern einen höheren als ihr für ihre Länge zukommt, alsdann macht sie mehr als einen Knoten und dann darf man sie in der Mitte zwischen zwei Knoten abschneiden oder öffnen, es hat dies keinen Einfluß mehr auf die Höhe des Tones. Ein Anderes ist es mit den Knotenpunkten, in diesen darf keine Veränderung vorgehen, wenn nicht eine Veränderung des Tones die Folge davon sein soll.

Seitliche Oeffnungen an Pfeifen.

Die soeben betrachtete Zeichnung enthält unter *A* eine Pfeife, welche eine Einrichtung hat, um dies anschaulich zu machen. Die Länge der Pfeife ist, wie in der nebenstehenden *B*, zu groß für ihre Breite, sie hat daher mehrere Knotenpunkte *a* und *b* und in der Mitte zwischen den beiden *V* einen nicht bezeichneten Punkt. An den Stellen, neben welchen ein *V* steht, sind die stärksten Schwingungen, die größten Bogen der Wellen, diese darf man öffnen, ohne den Ton zu verändern; öffnet man aber *a* oder *b*, so wird,

a hier ein Knotenpunkt ist, dieser Knotenpunkt verschoben und dadurch der Ton verändert.

Die Durchschnittspunkte der Pfeife *A*, welche den Ton nicht verändern, sind solche Wellenanschwellungen; würde man die Pfeife zwischen zwei solchen Anschwellungspunkten durchschneiden, so würde der Ton sofort verändert werden.

Auf dieser Durchschneidung der Knotenpunkte beruht die Behandlung der hölzernen Blaseinstrumente, Flöte, Hoboe, Clarinett, Fagott, und seit den letzten 40 Jahren auch die der Blechinstrumente, Trompete und Horn, nicht so der alten Blechinstrumente, der Posaune u. a.

Die Flöte und die anderen Holz- oder Klappeninstrumente haben eine gerade oder gewundene Röhre, in welcher die Luftsäule durch Anblasen mittelst der Lippen erschüttert, in Vibration versetzt wird, wodurch die Luftsäule erklingt. Die Oeffnungen der Flöte, Clarinett ꝛc. dienen dazu, die Luftsäule so weit zu verkürzen als nöthig, um höhere Töne hervorzubringen. Eigentlich müßten die Oeffnungen an den Knotenpunkten sein; wir sehen aber in der Zeichnung Fig. 248, welche die Verhältnisse der gewöhnlichen

Fig. 248.

Querflöte giebt, daß erstens dem nicht so ist, daß zweitens, wenn es so wäre, die Töne ganz anders auf einander folgen müßten als in der Wirklichkeit geschieht.

Blaseinstrumente.

Es zeigt sich auch hier, wie bereits bemerkt, sehr viel mit der Theorie nicht Uebereinstimmendes, so wie Aehnliches stattfindet mit den Blaseinstrumenten mit und ohne Klappen. Die Modificationen, welche der Ton durch den Ansatz der Lippen an das Horn- oder Trompetenmundstück erhält, können theoretisch gar nicht gelehrt, müssen von einem Jeden erst praktisch und zwar mit vieler Mühe gelernt werden, bis sie sich dann endlich durch die Gewohnheit so von selbst bilden, wie die verschiedenen Lagen der Zunge gegen Gaumen, Lippen, Zähne, Kehlkopf und wie die verschiedenen Modificationen des Luftstromes aus der Lunge beim Sprechen und beim Singen, deren sich auch Niemand mehr bewußt ist, die er macht, bewerkstelligt, ohne Rechenschaft davon geben zu können.

Die Einrichtung der Klapphörner und Klapptrompeten giebt so wenig Aufschluß hierüber, als die Einrichtung der Posaune, bei welcher man der Tonbildung durch Verlängerung und Verkürzung des ganzen Rohres zu Hülfe kommt. Es liegt Vieles darin, was sich auf die bekannte Theorie von der Länge der Luftsäule und von der größeren oder geringeren Geschwindigkeit der Wellen stützt, das Ganze ist jedoch noch lange nicht reif zum mathematischen Calcul.

Bei den Blechinstrumenten wird der Ton durch mehr oder minder gepreßte Lippen, welche den Luftstrom der Lunge in die Mündung des Instrumentes senden, hervorgebracht, bei der Flöte und dem damit verwandten Instrumente Panflöte ꝛc. ist die Erregung des Tones ganz derjenigen bei Orgelpfeifen ähnlich; es wird ein schmaler Luftstrom gegen eine scharfe Kante des Blaseinstrumentes gerichtet und dadurch die Luftsäule im Innern desselben in die nöthigen Schwingungen gesetzt. Anders ist es bei dem Clarinett, Hoboe, Fagott und anderen Instrumenten der Art, die man mit einer gewissen Art Orgelpfeifen unter dem Gesammtnamen Zungenpfeifen begreifen könnte.

Bei allen diesen wird der Ton hervorgebracht durch eine sehr elastische Feder (von Rohr oder Metall), welche dem Luftstrom bald Eintritt in das Blaseinstrument gestattet, bald verwehrt (wie bei der Bisharmonika) und da entweder die Lippen durch ihren Druck auf die Rohrflächen diese Geschwindigkeit, und mit ihr den Wechsel des Durchlassens und Nichtdurchlassens, vermehren oder vermindern können, wie bei den Blaseinstrumenten, oder für jeden Ton eine solche ihm zukommende Geschwindigkeit ein für allemal angeordnet werden kann, wie bei den Zungenpfeifen der Orgel, so ist daraus ersichtlich, daß eine sehr große Menge von Tönen hierdurch erzeugt werden kann, auch sie werden modificirt durch die Oeffnungen der Röhren, in denen die Zungen spielen, durch Schallstücke u. s. w.; daher die große Mannigfaltigkeit nicht nur der Register einer Orgel, sondern der Töne eines einzelnen Instrumentes, das Clarinett und das am nächsten damit verwandte Bassethorn, hat in seinen tiefen, mittleren und hohen Octaven eine so außerordentlich verschiedene Färbung, daß derjenige, der nicht als Musiker damit vertraut ist, gar nicht glaubt, daß er durch drei Octaven dasselbe Instrument hört, und daß derjenige, welcher nicht mit so wunderbarem Tact begabt ist, wie C. M. v. Weber, im Gebrauche dieser Instrumente mitunter die wunderbarsten Mißgriffe macht.

Longitudinalschwingungen fester Körper.

Wir haben zuerst die Querschwingungen von Saiten und von Platten, dann die Longitudinalschwingungen von Luftsäulen betrachtet. Diese sind es doch nicht allein, welche Longitudinalschwingungen machen können; auch Saiten und Stäbe schwingen der Länge nach und hierbei bemerkt man sogleich, daß die Töne, welche auf solche Weise hervorgebracht werden, ungemein hoch sind und gar keinen Vergleich halten mit denjenigen Tönen, welche von denselben Körpern hervorgebracht werden, wenn sie querschwingen.

Um die Längenschwingungen hervorzubringen, läßt man sich aus Holz verschiedener Art, aus verschiedenen Metallen, aus Glas in Röhren- oder in Stabform, Stangen von verschiedener Länge und Dicke machen.

Ein solcher Stab wird in der Mitte gefaßt und entweder mit den Fingern, welche in Harzstaub getaucht sind oder mit einem feuchten Lappen, auf welchen man Colophonium in Pulverform gestreut hat, so gerieben, daß man den Stab umfaßt und von der Mitte nach dem einen Ende streicht, in der Umfassung zieht, als wollte man die Stange, den Stab dehnen, aus einander ziehen. Indem derselbe dabei durch die Finger gleitet, wird er auch allerdings gestreckt, doch entgleitet er immerfort wieder der haltenden Hand, die ihn aber immer wieder faßt, wenn sie ihn schon immer wieder entgleiten lassen muß.

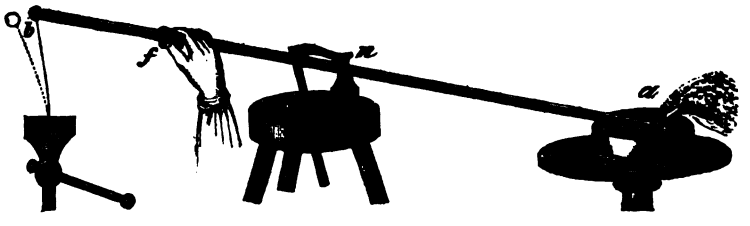
Hierdurch entstehen aber die Vibrationen, welche schnell genug auf einander folgen, um Töne, ja um sehr hohe Töne hervorzubringen, welche aber auch so gewaltsam sind, daß sie nicht selten zur Zertrümmerung des Stabes, in dem sie erregt werden, Anlaß geben. Wenn man z. B. eine Glasröhre von etwa 4 Fuß zum Tönen bringt, so steht man bei jedem Streichen in Gefahr, die Röhre durch die Heftigkeit der Erschütterung ihrer Theile in Trümmer springen zu sehen.

Ist die Stange von Holz oder von Metall, so wird man dies allerdings nicht riskiren und man wird es bei dem einfachen Experiment auch kaum ahnen, allein es giebt zwei sehr einfache Mittel, die Gewalt und die Lebhaftigkeit der Ausdehnungen und Zusammenziehungen anschaulich zu machen, welche beide wir auf der folgenden Seite durch eine Zeichnung zu versinnlichen suchen.

Vermöge eines Bankhakens oder auf irgend eine sonstige Weise ist der Stahlstab oder Messingstab ab in seiner Mitte bei n auf einem Tische solchergestalt festgehalten, daß er nicht durch eine zu breite Unterlage an freier Schwingung gehindert wird. Der Stab steht schräg und das herab-

hängende Ende reicht in ein Gefäß mit Waſſer, das höher ſtehende Ende ſtößt an eine mit einer kleinen Kugel verſehene Feder, welche in einen Schraubſtock geklemmt iſt.

Fig. 249.



Das eine oder das andere Ende, nach Belieben, wird mittelſt eines naſſen Tuch- oder Filzlappens *f*, welcher mit Colophonium beſtreut iſt, gerieben. So wie dies geſchieht, wird nicht nur die kleine Feder, welche gegen das Ende des Stabes ſtößt, mit Gewalt zurückgeſchleudert und hunderte von Malen hinter einander in die punktirte Lage zurückgeworfen, ſondern auch das andere Ende, welches von der ſtreichenden Hand gar nicht berührt worden iſt, hat Antheil an den der einen Hälfte mitgetheilten Vibrationen, ſo daß aus dem Gefäße, in welches das Ende taucht, Waſſer in Menge umhergeſpritzt wird.

Geſetze für longitudinal ſchwingende Körper.

Die Töne, welche durch dieſe Vibrationen hervorgebracht werden, ſind ſchneidend hoch und um tiefe Töne hervorzubringen, würde man zu Stäben von 20 bis 30 Fuß Länge ſeine Zuflucht nehmen müſſen, denn die Schwingungen ſind ſo ungemein ſchnell, daß ſie noch bei 4 Fuß Länge des ſchwingenden Stabes zehntauſend und darüber betragen; daher braucht man auch zu den tiefen Orgeltönen Pfeifen von 32 Fuß Länge, allein im Uebrigen richten ſie ſich gleichfalls nach den Geſetzen, welche für die querſchwingenden Körper gelten, denn an ſich iſt es ganz gleichgültig, in welchem Sinne die Schwingungen vor ſich gehen, ob longitudinal oder transverſal, immer beſtehen dieſe Schwingungen aus einem Verrücken der Theile des ſchwingenden Körpers gegen einander, und zwar aus einem Strecken und darauf folgenden Zuſammenziehen eben ſo gut bei den transverſal ſchwingenden Körpern als bei den longitudinal ſchwingenden, denn eine Saite, indem ſie ihre Excurſionen nach rechts oder links macht, muß ſich noch mehr verlängern als ein gerader Stab; der Unterſchied des Tones liegt auch nicht darin, ob die Schwingungen der Länge oder der Quere nach ſtattfinden, ſondern lediglich

in, daß die Longitudinalſchwingungen in ſehr viel größerer Schnelligkeit einander folgen als die transverſalen, daher der ſchneidende Ton longitudinal ſchwingender Stäbe.

Marloye's Staborgel.

Ein Curioſum, welches ſich jetzt in vielen phyſikaliſchen Cabinetten befindet, doch ſchwerlich über dieſe engen Grenzen hinausgehen wird, iſt ein angeblich von Marloye erfundenes muſikaliſches Inſtrument, welches meine Leſer unter Fig. 250 abgebildet finden. Es beſteht aus einem Kaſten, in deſſen oberem, ſchmalen Deckbrett etwa 20 dünne runde Stäbchen eingelaſſen ſind. Man ſieht ihre Anordnung ohne weitere Erklärung ein. Die Stäbchen haben die Dicke eines Thonpfeifenſtieles und ſind nach der chromatiſchen Tonleiter geſtimmt; um hierbei das Auffinden der Töne zu erleichtern, ſind die halben Töne gefärbt, die ganzen Töne aber (die diatoniſche Scala) weiß gelaſſen.

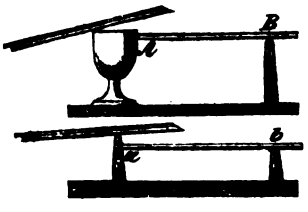
Fig. 250.

Geſpielt wird dies Inſtrument mit zwei Händen, deren Daumen und Zeigefinger man in gepulvertes colophoniſches Harz taucht und zwiſchen dieſe Finger ein und das andere Stäbchen faſſend, daran herunter ſtreicht. Töne ſind ſchneidend und können Damen zu Ohnmacht und zu Krämpfen helfen. Wenn ſtatt des Deckbrettes, das gewöhnlich maſſiv genommen , ein leichter Reſonanzboden die Stäbchen trüge, welche etwa durch eine r denſelben geleimte Leiſte gehalten werden könnten (wie die Knöpfchen Befeſtigung der Harfenſaiten), würde der Ton angenehmer werden, könnten die Klangſtäbe vielleicht von Stahl oder Meſſing ſein; einen th als muſikaliſches Inſtrument wird dieſer Apparat wohl ſchwerlich ls erhalten.

Mericourt's Schwingungsversuche.

Um sehr lange und schmale Stäbe, um metallene Bänder zum Schwingen zu bringen, bedient man sich eines künstlichen Mittels. Man befestigt die Klinge, das Sägeblatt, die Uhrfeder AB an einer Glasglocke oder einem Pokal von derselben Substanz, legt das andere Ende frei und beweglich auf einen schmalen Unterstützungspunkt B und streicht nunmehr die Glocke gegenüber der Befestigungsstelle der Feder (gewöhnlich bewerkstelligt man dies durch Siegellack) mit einem Violinbogen. Die Transversalschwingungen, in welche die Glocke hierdurch versetzt wird, theilen sich nun dem schmalen Stabe in der Art mit, daß er, wie man leicht einsieht, Längenschwingungen machen muß; allein so richtig die Sache scheint, so wenig ist sie es. Man theilt jedem Körper, welcher durch das Anstreichen in die ihm eigenthümlichen Schwingungen versetzt werden soll, die Schwingungen eines anderen Körpers mit, es begreift sich leicht, daß auf diese Art angeregt eine Uhrfeder von 1, 2 oder 4 Fuß Länge dieselbe Anzahl von Schwingungen machen muß, während sie sich doch verhalten sollte wie 4 zu 2 zu 1. Dies will sagen, wenn die Uhrfeder aus Stahl von ¼ Zoll Breite und 48 Zoll Länge 400 Schwingungen in der Secunde macht, so muß die Uhrfeder von derselben Breite und 24 Zoll Länge 800 und die Feder von 12 Zoll Länge 1600 Schwingungen machen, welches aber nicht möglich ist, wenn alle nur diejenigen Schwingungen machen, welche man einer Glocke von 6 Zoll (oder irgend einem andern beliebigen Maße) entlockt.

Fig. 251.



Ein ganz Gleiches scheint es mit der in der Figur angegebenen zweiten Erregungsart zu sein, wo die Feder oder überhaupt die schwache Lamelle an einem schwingenden Stabe a befestigt, sonst wie oben frei auf den Unterstützungspunkt b gelegt ist; für den Stab a kann man sehr gut eine Stimmgabel nehmen, allein hier wie dort wird die Feder nicht ihre eigenen, sondern die Schwingungen des erregten Körpers machen.

Man sieht bei diesem Experimente, welches von Mericourt angegeben worden ist, den Leichtsinn, der sich bei den französischen Experimentatoren nur zu häufig zeigt und deshalb ihre Angaben weniger werthvoll macht, recht deutlich hervortreten. Die einzige Art, eine solche biegsame Lamelle

Tönen zu bringen, ist, sie mit zwei Fingern in der Mitte vertical
:bend zu halten und auf die vorhin beschriebene Weise zu streichen
sie, gleich Saiten, an einem Punkte zu befestigen und sie am andern
: durch Gewichte zu spannen. Der Ton, welchen unter diesen Um-
›en Saiten bei verschiedener Spannung geben, ist ganz gleich, im Ge-
tz zu den Querschwingungen, deren Häufigkeit und in Folge dessen der
steigt, je stärker die Spannung der Saiten ist; bei den Longitudinal-
ingungen kann man nur einen Unterschied hervorbringen durch Dämpfung
Mitte als eines natürlichen Knotens, dann erhält man, wie bei Orgel-
en, die höhere Octave des Tones, den der longitudinal schwingende Stab
hnlich giebt. Ob es nicht möglich ist, die Zahl der Schwingungen
› stärkeres, geschwinderes Reiben zu erhöhen, wie man die Töne eines
desselben Rohres (eines Hornes, einer Orgelpfeife) durch mehr oder
›er scharfes Anblasen erhöhen kann, ist noch nicht ermittelt worden.

Savart'sche Klangfiguren.

Wenn man eine Glas- oder Metalltafel in Querschwingungen versetzt,
nn man die Stellen der Ruhelinien durch Sand sichtbar machen (die
a d n i'schen Klangfiguren) und man findet, daß sie gleich sind, auf
her Seite der Scheibe man sie auch machen möge. Nicht so bei den
zitudinalschwingungen.

Wenn man ein Lineal von Eisen, Messing oder Glas, gleichviel wenn
ur eine elastische Substanz ist, flach und horizontal hält, in der Mitte
und leicht mit Sand bestreut, darauf aber in Längenschwingungen ver-
, so erhält man die sogenannten Savart'schen Klangfiguren. Die
wingungen werden hervorgebracht, wenn man mit einem frei in den
ern gehaltenen Schlüssel an eine der kurzen Seiten des Lineals schlägt,
aß dasselbe einen hohen Ton giebt.

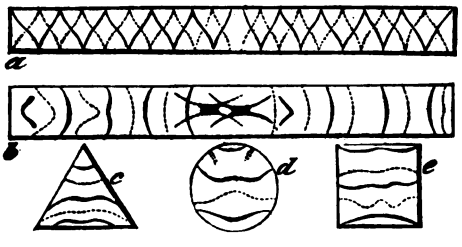
Bei einiger Aufmerksamkeit wird man sehen, wie der Sand auf der
he des Lineals keineswegs springt wie bei einer klingenden Scheibe, son-
sich in ganz kurzen Strecken hin und her verschiebt, bis er endlich bei
esetztem Schwingen auf Querlinien liegen bleibt. Diese Linien scheinen
de zu sein, aber schon bei einem Lineal von nur 2 Zoll Breite sieht
, daß sie es nicht sind, sondern eine leichte Neigung zu einem gewun-
n Verlauf haben und sich abwechselnd gegen einander neigen.

Bezeichnet man die Stellen, auf denen diese Querlinien von Sand
angehäuft haben, durch Kreidestriche, und kehrt man nunmehr das Lineal
das ganze Experiment wiederholend, so wird man die Ruhelinien des

Sandes zwischen die markirten Striche auf der früherhin oberen (jetzt unteren) Seite vertheilt und in ihrer etwas schrägen Richtung entgegengesetzt finden.

Ist das Lineal aber breiter, etwa 4 Zoll auf 2 Fuß Länge, so werden die geraden Linien mit einem Ansatz zur schrägen Neigung in wirklich geschlängelte Linien übergehen, von denen *a* der nebenstehenden Fig. 252 in den ausgezogenen Linien die Abbildung der Knotenlinien der einen Seite giebt, indessen die punktirten Linien die Bogen derselben auf der anderen Seite zeigen.

Fig. 252.



Man bemerkt hier unzweifelhaft den Knotenpunkt in der Mitte des Lineals, von welchem aus die Schwingungen nach entgegengesetzten Seiten, auch in entgegengesetztem Sinne verlaufen.

Fig. *b* zeigt dasselbe Lineal auf die S. 72 angegebene Manier durch eine Glocke, die mit einem Bogen gestrichen wird, zu Longitudinalschwingungen gebracht; auch hier deuten die ausgezogenen Linien die Sandfiguren der einen, die punktirten Linien die der anderen Seite an. Auf den ersten Blick sieht man auch hier die Verschiebung der Figur, sieht also, daß wirklich Längenschwingungen stattgehabt, allein man sieht eben so, daß dieselben ganz anderer Art sind als die obigen, daß sie einen Charakter haben, welcher sie den Transversalschwingungen von Glasscheiben sehr ähnlich macht.

Auf dieselbe Art sind auch die Figuren *c*, *d* und *e* auf Glastafeln von verschiedener Form entstanden. Ob sie als die normalen zu bezeichnen sind, ist jedenfalls fraglich.

Torsionsschwingungen.

Noch eine Art von Schwingungen giebt es, welche betrachtet zu werden verdienten, die Torsionsschwingungen, welche jedoch wegen der Schwierigkeit, sie zu erzeugen, noch nicht gehörig untersucht sind.

Man kann sich alle drei Arten der Schwingungen sehr leicht durch eine solche Springfeder klar machen, wie sie von den Handschuhmachern gebraucht werden, um Strumpfbänder und Tragbänder elastisch zu machen. Befestigt man solche Feder an ihrem einen Ende, so daß sie frei herunter hängt und giebt man ihr ein mäßiges Gewicht zu tragen, welches ihre Elasticitätsgrenze

nicht überbietet, so hat man alle Bedingungen zur Sichtbarmachung der drei Schwingungsarten.

Hält man das Gewicht fest und zieht die Feder von der Mitte aus einwärts, so giebt sie, nach dem Loslassen hin und her schwankend, ein Bild der Transversalschwingungen; so bewegt sich die tönende Contrabaß- oder Klaviersaite, die feinste wie die gröbste, solche Schwingungen machen auch schwirrende Tafeln.

Hebt man das Gewicht ein wenig und läßt es alsdann los, so schwankt es bei mehr oder minder gespannter Feder auf und ab, die Theile der Feder, die einzelnen Windungen derselben gehen beim Sinken des Gewichtes mehr aus einander und beim Heben desselben nähern sie sich einander, so schwingt die Luftsäule in der Orgelpfeife, so in der Posaune und allen anderen Blaseinstrumenten.

Wenn man nun aber das Gewicht an der Feder hängen hat, so daß die Feder eine senkrechte Lage annimmt, und man dreht das Gewicht etwa an seinem Stiel wie man einen Kreisel dreht, so entstehen die Torsionsschwingungen, die dritte Art. Hier findet ein Aufdrehen statt und darauf ein Zudrehen oder Verkleinern der Windungen, dann wieder ein Auf- und Zudrehen ꝛc., bis nach und nach sich diese Schwingungen wie alle andern vermindern und die schwingende Feder stillsteht. Hat man an Stelle der Feder eine Saite genommen, so geschieht Alles dasselbe, nur sind die Longitudinalschwingungen daran nicht zu zeigen, obschon sie stattfinden. Bei Torsionsschwingungen wird eine Saite rascher wirken als eine Feder, allein auch schneller zur Ruhe kommen.

Die französischen Gelehrten glauben auch in breiten Blättern von elastischen Substanzen Torsionsschwingungen erregen zu können, wenn sie dieselben mit dem Violinbogen querüber streichen, wie man eine Saite streicht. Unzweifelhaft ist, daß durch den Bogen bei einer Darmsaite neben den Transversalschwingungen auch beginnende Torsionsschwingungen erzeugt werden, wie es bei der runden Form der Saiten, welche auf einer Stelle der Circumferenz gefaßt werden, nicht anders sein kann, allein bei einer flachen Lamelle, bei einem mit einem Ende eingespannten Lineal findet dies um so weniger statt, je breiter es ist und je besser man parallel mit der breiten Fläche querüber streicht, es werden nur Transversalschwingungen in einem anderen Sinne gemacht, nämlich nicht senkrecht auf die Fläche des Lineals, wie gewöhnlich, sondern in der Ebene dieser Fläche; daß es so sei, zeigen auch die von Chladni nachgewiesenen Klangfiguren. Streicht man ein Lineal auf die angegebene Art, nachdem es mit Sand bestreut worden, so erhält man eine schmale Linie, welche durch die Mitte des ganzen Lineals

läuft (wovon daſſelbe ſei, Glas, Metall, Holz ꝛc., iſt gleichgültig). Wären die Schwingungen drehend, ſo müßte der Sand von der Mitte nach den Rändern geſchleudert werden (vermöge der Centrifugalkraft) und, da an dieſen kein Haltepunkt, da keine Schranke längs derſelben befindlich, ſo müßte der Sand von dem Stabe hinweggefegt werden.

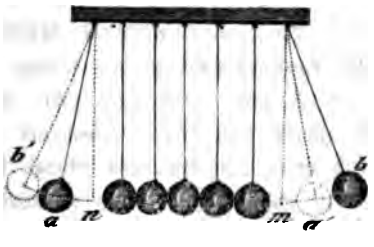
Verbreitung des Schalles.

Der Schall verbreitet ſich ſtrahlenförmig von dem Punkte der Erregung aus nach allen Seiten. Tönen Glocken auf einem Thurm, ſo hört man dieſelben 200 Fuß über dem Thurm ſo gut als 200 Fuß unter dem Aufhängungspunkte, und rechts und links, vorwärts und rückwärts in der horizontalen Ebene, in welcher die tönenden Körper ſich befinden, iſt die Verbreitung eben ſo wie in den beiden andern Richtungen.

Es werden durch den tönenden Körper, welcher nur tönt, weil er in Schwingung iſt, dieſe Schwingungen der Luft mitgetheilt und die nächſten Lufttheilchen ſchicken die empfangenen Stöße mit einem „gieb's weiter" immer fort, jedes Theilchen nach derjenigen Richtung, in welcher es den Stoß empfangen hat. Nachdem es den empfangenen Stoß abgegeben, kehrt es in ſeine urſprüngliche Lage zurück.

Die Geſchwindigkeit der Verbreitung des Schalles in der Luft iſt ſehr groß, allein in feſten Körpern iſt ſie noch größer. Wie die Verbreitung ſtoßweiſe und wie ſchnell ſie geſchieht, davon kann man ſich ein anſchauliches Bild durch die ſogenannte Percuſſionsmaſchine machen.

Fig. 253.



Sieben Billardkugeln (oder 500, ſo viel man will) hängen an vollkommen gleich langen Fäden an einem horizontal geſtreckten Balken, ſo daß ihre Mittelpunkte ſämmtlich in einer geraden Linie liegen.

Die Zeichnung giebt das Experiment ſchon im Werden, die abgetrennten Kugeln *b* und *b'* haben urſprünglich die Lage der punktirten Linien *m* und *n* gehabt. Eine dieſer beiden Kugeln *b* iſt durch die Hand des Experimentators von *m* nach *b* gehoben worden, nun läßt derſelbe ſie los, ſie fällt auf den durch den Faden vorgeſchriebenen Weg, bis ſie in *m* zur Ruhe kommt. Dieſe Ruheſtelle aber erlangt ſie nur dadurch, daß ſie

n Weg bm mit beschleunigter Bewegung zurücklegte und nun plötzlich auf
i Hinderniß stößt, auf die vor ihr hängende Kugel.

Dieser zweiten Kugel giebt sie ihre ganze Bewegung ab und die zweite
lt mit derselben fort auf die dritte zu, da diese jedoch bereits mit ihr in
erührung ist, so kann sie nichts weiter thun als sich zusammendrücken (als
astischer Körper) so gut wie die an sie stoßende Kugel, diese wird nun
türlich den empfangenen Stoß der nächsten Kugel weiter und diese wird
n abermals weiter geben, bis die sechste ihn endlich der Kugel n übergiebt.
iese siebente letzte findet nichts mehr hinter sich, sie empfängt also den
toß, ohne ihn weiter geben zu können, sie muß ihn behalten und sie geht
Folge dessen so weit aufwärts (bis b'), als die erste Kugel abwärts
fallen war.

Hätte man die Kugel n nur bis a empor gehoben und dann gegen
ie übrigen fallen lassen, so würde die Kugel m auch nur bis a' geschos
n worden sein.

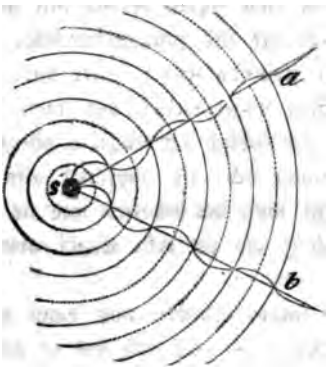
Ist die Elasticität der Kugeln vollkommen, nicht mehr oder minder
oß, sondern sind sie vollständig elastisch, so bedarf es zum Durchlaufen
r Strecke von b nach b' gar keiner Zeit, wie groß die Strecke auch
in möge, die Zeit aber, welche dennoch verwendet wird, ist ein Maß der
lektricität. Legt der elastische Fortpflanzungsstoß in einer Secunde eine
eile zurück, so ist der Körper, in dem dies geschieht, sehr viel elastischer
s ein anderer, in welchem die Fortpflanzung des Stoßes während der-
ben Zeit nur 1000 Fuß beträgt, umgekehrt ist jenes Körpers Elasticität
el geringer als die eines andern, der 40,000 Meilen in der Secunde
rücklegt; diese bis jetzt bekannte größte Schnelligkeit der Fortpflanzung hat
r Aether, er giebt die Schwingungen und Stöße des Lichtes in einer Se-
nde 40,000 Meilen weiter, jene langsamste Verbreitungsweise hat die
ft, Erschütterungen derselben, die wir Schall nennen, durchlaufen etwas
er 1000 Fuß, 1040, 1050, ja am Meeresstrande in der heißen Zone
gar 1100 Fuß in der Secunde.

Wellenschwingungen.

Sehen wir in der Fig. 254 auf der folgenden Seite eine Wasserfläche,
welche ein Stein s geworfen worden, so wird derselbe da, wo er hinfällt,
nen Druck auf das Wasser ausüben. Dies weicht aus und steigt rund
rum in einem Wellenberge von Kreisform empor, die geschlängelten Linien
s und sb geben den Durchschnitt einer solchen Linie, die geraden Linien

sind das Niveau der Wasserfläche und die erste Biegung bei *s* geht in dem möglichst kleinsten Kreise dicht um den fallenden Stein vor sich.

Fig. 254.



Wie die Welle sinkt und sich wieder hebt, kreisförmig wie sie ist, nimmt sie einen immer größeren Raum ein, sie ist daher bei dem nächsten Wellenberge nicht viel mehr als halb so hoch, wie bei *s* und an der Genze unserer Zeichnung bei *a* und *b*, woselbst sich der dritte Wellenberg befindet, erreicht die Höhe desselben kaum noch ein Drittel von der ursprünglichen, dehnt sich aber noch auf einen neunmal größeren Flächenraum aus.

Ganz so wie hier die Wellen einer Wasserfläche, so breiten sich die Wellen einer erschütterten Luftmasse nach allen Richtungen aus und die Zeichnung Fig. 254 konnte als der Durchschnitt einer beliebigen kugelförmigen Luftmasse, in deren Mitte eine Schallwelle erregt worden ist, angesehen werden, nur daß die Wellen nicht auf- und absteigen, sondern wie bei den Billardkugeln vor- und zurückschreiten. In der Anlage des Bildes aber spricht sich sofort eine Wahrheit unwiderleglich aus, derselbe Effect, welcher sich in der ersten Welle zeigt, ist auch in der zweiten und dritten vorhanden, allein so wie ein Schrotschuß auf 10 Schritte wie eine Kugel wirkt, auf 20 eine Fläche wie eine Hand und auf 50 Schritte eine Fläche wie ein Papierbogen bedeckt und die einzelnen Körner dann kaum so tief in das Holz dringen, um ganz darin versenkt zu werden, indeß sie auf geringere Entfernung (doch nur einzelne Körner und nicht mehr oder weniger als am Ende der Bahn) ein starkes Brett durchbohren, so ist die Wirkung des Schalles immer schwächer, je minder man sich von dem Ursprungsorte desselben entfernt und zwar ganz aus demselben Grunde, weil immer weniger Theile der erregten Wellen einen und denselben Punkt (hier das Trommelfell) treffen.

Vermag man die Schrotkörner zusammenzuhalten (indem man sie wie die Shrapnells in einer Patrone vereinigt), so bohren sie auch noch auf 100 Schritt ein Loch in das Brett, denn die Gesammtmasse wirkt auf einen Fleck, sie ist nicht zerstreut; so auch mit dem Schall, vermag man ihn zusammenzuhalten, vermag man seine Verbreitung nach allen Richtungen zu

indern und in einer Richtung zu vereinen, so schwächt sich der Ton auch nicht und das Ticken einer Uhr wird alsdann auf Meilenweite gehört.

Der Leser möge nicht glauben, daß dies so in den Tag hineingesagt ist, es sind Versuche ausgedehntester Art gemacht, von welchen obige Angabe entnommen ist.

Schallleitung in Röhren.

Um den Schall zusammenzuhalten, bedient man sich der Röhren. In großen Fabrikgebäuden werden dergleichen Sprachröhren angewendet, um Befehle, Anordnungen zu ertheilen, allein das ist nicht meilenweit. Mit den Wasserleitungsröhren von Marly und den Gasleitungsröhren von Paris hat Biot solche Versuche angestellt und mittelst derselben die Geschwindigkeit des Schalles auf das Genaueste gefunden und festgestellt, wie wenig der Schall in festen geraden Röhren sich vermindert. Sind diese Röhren glatt, so ist der Verlust beinahe auf Null zu setzen.

Auf der Insel Wight, in Carisbrook-Castle bei Newport befindet sich ein 210 Fuß tiefer Brunnen, welcher 12 Fuß weit, also sollte man meinen, keineswegs zu einem Sprach- oder Hörrohr eingerichtet ist. Wenn man in diesen Brunnen eine Stecknadel fallen läßt und sie trifft nicht mit der Spitze auf die Wasserfläche (da sie dann allerdings lautlos versinkt), sondern mit einer langen Seite, so hört man den Schall, den dies verursacht, ganz deutlich. Durch einen starken Schall wird die Luft in einer dem Schall ausgesetzten Röhre zusammengedrückt, daß mechanische Wirkungen daraus hervorgehen. In der Nähe einer der 3000 Fuß langen Wasserleitungsröhren von Marly wurde ein Pistol abgeschossen (nicht mit der Mündung auf die Röhre gerichtet); der Druck der dadurch an einem Ende zusammengepreßten Luft war so stark, daß am anderen Ende ein Licht ausgeblasen und in der Mündung der Röhre aufgehäufte Papierschnitzel fortgeweht wurden. Diese Leitungsfähigkeit der Röhren für den Schall macht es gefährlich, in einer Küche Geheimnisse auszuplaudern, sie können drei Stockwerk höher sehr wohl gehört werden, eine Bemerkung, welche Strafgefangenen nicht entgangen ist, die ihre Conspirationen gewöhnlich durch Vermittelung der Oefen und der Rauchfänge weiter verbreiten.

Forttragen des Schalles in freier Luft.

An freier Luft ist dies ganz anders, da bleibt der Schall nicht gleich stark, er wird mit jedem Schritt, den man sich von dem tongebenden Körper

entfernt, schwächer und zwar genau in dem Grade, wie der Raum wächst, den derselbe Ton erfüllen soll.

Da aber die Töne sehr verschieden sind, so wird es auch wahrscheinlich auf die Art derselben ankommen, man wird die eine Art von Ton weiter hören als die andere. Vor allen Dingen ist es die Stärke des fortgepflanzten Schalles und die Beschaffenheit des schallleitenden Mittels, welche von Einfluß sind. Dove hat einige der interessantesten Thatsachen mitgetheilt, deren wir hier erwähnen müssen.

Daß eine Kirchenglocke stärker tönt und daher weiter vernommen wird als eine Klingel, daß ein Kanonenschlag in größerer Entfernung vernommen wird als ein Flintenschuß, muß ein Jeder begreiflich finden, denn die momentane Erschütterung der Luft ist im ersten Falle viel bedeutender als im letzteren. Während der Kanonendonner die Fenster zersprengt, während eine Infanteriesalve eine Lavine ablösen kann, vermögen die größeren vulkanischen Eruptionen noch viel bedeutendere Wirkungen hervorzubringen.

Bei dem Ausbruche des Vesuv am 23. und 24. October 1822, wo die Aschensäule nach Brioschi's Messung eine Höhe von 9000 Fuß erreichte, waren die Detonationen im Innern des Vulkans so stark, daß die bloße Erschütterung der Luft die Decken im Palaste von Portici sprengte. Darf man sich da wundern, daß, als am 30. April 1812 der Morne Garu auf St. Vincent aufbrach, ein furchtbares Getöse in allen Theilen einer Landstrecke von 2200 geographischen Quadratmeilen, bis zum Rio Apure, d. h. so weit wie vom Vesuv nach Paris, Schrecken verbreitete und daß 1835 das Brüllen des Conseguina in Kingston, San Salvador, Balize, St. Marta und St. Fé de Bogota, also in einem Abstande von 200 deutschen Meilen von dem Vulkan so deutlich gehört wurde, daß man es für den Kanonendonner einer Seeschlacht hielt?

Das Bombardement von Kopenhagen wurde am 2. und 5. September 1807 in Kolberg gehört; diese Entfernung beträgt 38 Meilen. Auf der Hube von Eimbeck hörte man die Schüsse von Mainz 33 Meilen weit, in Hannover Schüsse von Helgoland 35 Meilen, in Shrewsbury und Wales durch England hindurch auf mehr als 40 Meilen die Seeschlacht zwischen den Engländern und den Holländern im Jahre 1762. Ja am 4. December 1832 will man den Kanonendonner von Antwerpen im Erzgebirge, in einer Entfernung von 80 Meilen, gehört haben.

Von der ursprünglichen Stärke eines Schalles kann man sich einen Begriff machen, wenn man hört, welches andere Geräusch dadurch verdeckt wird.

Als am 10. August 1831 ein furchtbarer Sturm das blühende Bar-

bados verwüstete, war das Heulen des Orkans, der von Nord-West hereinbrach, so entsetzlich, daß keine Sprache es zu beschreiben vermochte. Obristlieutenant Nickle, Befehlshaber des 36. Regiments, hatte unter einem gewölbten Fensterbogen eines Hauses nach der Straße hin Schutz gesucht und hörte wegen des Sturmes nicht das Einstürzen des Daches und des oberen Stockwerkes desselben Hauses. Die festesten Gebäude erbebten in ihren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der Zerstörer über sie hinwegschritt. Kein Donner war zu hören, denn das gräßliche Geheul des Windes, das Brausen des Oceans, dessen mächtige Wellen Alles zu zerstören drohten, was die anderen Elemente etwa verschonen möchten, das Gepraſſel der Ziegel, das Zusammenstürzen der Häuser und Mauern und die Vereinigung von tausend andern Tönen bildete ein Entsetzen erregendes Geräusch. Wer fern war von dieser Schreckensscene, sagt der Berichterstatter, kann keine Vorstellung haben von den Empfindungen, die sie erregte.*)

Einfluß der Beschaffenheit der Luft.

Weniger intensives Geräusch wird natürlich nur in geringerer Entfernung gehört, ein Flintenschuß auf 8000 Schritt, gewöhnliches Sprechen wird auf 70 Fuß noch deutlich vernommen, weswegen ein Theater etwa 2000 Zuhörer fassen kann; eine starke Männerstimme auf 400 Schritt, aber viel weiter auf glatten spiegelnden Flächen, über Wasser oder Eis, als über Land; in der Winternacht der Polarländer, wo alles Leben in tiefem Todesschweigen erstirbt, noch viel weiter.

So erzählt Lieutenant Forster, daß er bei der dritten Parry'schen Reise über die Eisfläche von Port Bowen mit einem Matrosen eine Unterhaltung auf 6697 Fuß Entfernung führen konnte. Am 11. Februar hörte Parry aus einer ähnlichen Entfernung einen Mann beim Gehen vor sich her pfeifen. Gespräche zweier mit einander gehender Matrosen, welche sie in der Entfernung einer englischen Meile mit einander geführt hatten, wurden ihnen zu ihrem Erstaunen bei ihrer Rückkehr nach dem Schiffe wiedererzählt.

Einen wesentlichen Einfluß aber hat auf die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft die Beschaffenheit derselben. Ob sie trocken, neblig oder nur feucht ist, ob sie kalt oder warm, ob der Barometerstand hoch oder niedrig, ob gar Regen oder Schnee in der Luft, dies Alles ist von großem Einfluß

*) Dove a. a. O. S. 21.

auf die Beförderung der Schallwellen, und von solchen Umständen rührt es wieder her, daß intensives Geräusch in geringen Entfernungen nicht gehört wird. Dove hat einige der interessantesten Fälle zusammengetragen.

Bei Cassano an der Adda, wo der Herzog von Vendome den Angriff des Prinzen Eugen abschlug, entschuldigte sich der mit einem Armeecorps zwei Stunden abwärts davon an diesem Flusse zu Rivolta postirte Großprior, Bruder des Herzogs, ihm nicht zu Hülfe geeilt zu sein, damit, daß er keinen Kanonendonner gehört habe, wobei er die ihn begleitenden Officiere zu Zeugen aufrief. Diese Schlacht fand am 15. August Nachmittags zwischen 3 und 5 Uhr statt.

Bei Montereau, wo der damalige Kronprinz von Würtemberg (der jetzige König) das Schlachtfeld von Morgens um 10 Uhr bis Abends um 5 Uhr gegen Napoleon behauptete, dann aber zum Rückzuge genöthigt wurde, und wo ein Feuer von mehr als 100 Geschützen stattfand, wurde dieses aufwärts an der Seine zu Brod vom Fürsten Schwarzenberg und seinem Stabe in einer Entfernung von 4½ Lieues nicht gehört. Der Mittags dorthin abgeschickte preußische Officier hörte es erst in der Entfernung einer deutschen Meile. Der 18. Februar 1814, an welchem sich dies ereignete, war ein für die Jahreszeit heiterer, milder und windstiller Tag.

Bei der Schlacht bei Liegnitz am 15. August 1760 hörte der auf der Höhe bei Weißenhoff campirende Feldmarschall Daun nichts von dem nur eine Meile entfernten Geschützdonner der Schlacht, in welcher Loudon bei Pfaffendorf von Friedrich dem Großen geschlagen wurde. In derselben Gegend hat Dove von der Schlacht an der Katzbach nicht einen Schuß gehört, den Kanonendonner der Schlacht bei Bautzen aber sehr deutlich aus 18 Meilen Entfernung.

In dem letzten Kriege der Engländer und Amerikaner standen die durch einen Fluß getrennten Vorposten derselben einander so nahe, daß sie sich deutlich erkennen konnten. Der Boden war mit frisch gefallenem Schnee bedeckt. Vom englischen Ufer aus sah man einen amerikanischen Trommler deutlich trommeln, hörte ihn aber nicht, wie Brewester in seinen Briefen an Walter Scott über natürliche Zauberei erzählt.

Schall bei Gewitterluft.

Dem chinesischen Kaiser Kang-hi verdankt man nach Klaproth's Untersuchungen die interessante Bemerkung, daß die größte Entfernung, in welcher man den Donner hört, 5 Meilen sei, während Kanonenschüsse

15 Meilen weit gehört werden. Es ist thatsächlich so, nur werden Donnerschläge im äußersten Falle kaum so weit gehört, Kanonenschüsse jedoch viel weiter.

Ein furchtbarer Blitz und ein erschütternder Donnerschlag traf und zerstörte den Kirchthurm von Lestwithiel am 25. Januar 1757. Der Ingenieur Smeaton, zwei Jahre später als der Erbauer des Leuchtthurms von Eddystone berühmt, sah diesen Blitz aus einer Entfernung von 6 deutschen Meilen ganz genau, hörte aber durchaus keinen Donner. Jedoch mag bei dieser Angabe ein Irrthum stattfinden, denn 6 Meilen ist eine Entfernung, bei welcher der Bogen, den die Figur der Erde dazwischen legt, schon sehr bedeutend ist, so daß er wohl schwerlich den Thurm und den Blitz, der ihn traf, sehen konnte.

Ein Anderes ist es mit Entfernungen von 4 und 5 Lieues. Musschenbroek berichtet, daß ein starkes Gewitter, welches Grafenhag verwüstete, weder in Leyden noch in Amsterdam gehört wurde. Paxton erzählt von einem Wetterschlage, von welchem am 2. März 1769 die Zinne des Thurmes von Bukland Brewer herabgeworfen wurde und der so stark gewesen wie eine Geschützsalve von 100 Kanonen, dennoch wurde von demselben in $10\frac{1}{2}$ engl. Meilen Entfernung nichts gehört.

Die Frage, woher diese Verschiedenheit komme, wird von der Physik leicht mit dem Worte „heterogen" beantwortet. Die Luft, welche der Schall leiten soll, muß „homogen", gleichmäßig sein, ist sie es nicht, ist sie aus heterogenen Bestandtheilen zusammengesetzt, so pflanzt sie den Schall schlecht fort. Dove führt in seiner geistreichen Auffassungs- und Vergleichungsweise eine Menge von Beispielen für ähnliche Vorgänge an. Wasser, Eis, Bergkrystall, obwohl vollkommen durchsichtig, werden, wenn sie mit Luft, einem gleichfalls durchsichtigen Körper, gemischt sind, undurchsichtig, als Schaum, Nebel, Schnee, Sand; denn da an der Grenze zweier Medien stets ein Theil des Lichtes reflectirt wird, so schwächt es sich im Verhältniß der häufigen Abwechselungen beider durchsichtigen Bestandtheile. Dasselbe gilt vom Schall, wie Versuche im Genfersee gezeigt haben; im Wasser erregt, wird der Schall schwach in der Luft vernommen, in der Luft erregt, erscheint er sehr schwach innerhalb des Wassers.

Darin liegt unmittelbar der Grund für das häufig beobachtete Phänomen des Verschwindens alles Schalles und Klanges im Schneegestöber. Der Nachfolger hört oft die Schellen des Schlittengeläutes seines Vormannes nicht, der Führer in Gebirgsgegenden schreitet auf den ihm bekannten Wegen auch durch den dichtesten Nebel rüstig voran, allein die Reisenden, die er führen soll, sehen ihn nicht und hören seine rufende Stimme

nicht. So lange der Champagner mouſſirt, klingt das Glas beim Anſtoßen wie ein Topf; erſt wenn keine Kohlenſäure ſich mehr entwickelt, tritt mit dem Durchſichtigwerden des Weines zugleich der reine Klang hervor.

Unruhige Luft.

Daß ein Durchſichtigwerden der Luft ſie zugleich tauglich zur Fortpflanzung des Schalles mache, wird ferner dadurch beſtätigt, daß Bergbewohner eine Veränderung der Witterung ankündigen, wenn bei ruhiger Luft plötzlich die Schneeberge dem Beobachter näher zu ſtehen ſcheinen und ihre Umriſſe gegen den blauen Himmel mit ungewöhnlicher Schärfe zeigen. Dies Durchſichtigwerden der Luft, ein Anzeichen eintretenden Regenwetters, erklärt ſich dadurch, daß der in der Luft ſchwebende Staub bei vermehrter Feuchtigkeit dieſe anzieht und dadurch ſchwerer werdend herabſinkt. Aber die Bergbewohner ſagen dann auch: „es wird regnen, denn man hört das Rauſchen der Ströme näher.“

An heiteren Wintertagen, wenn die Sonne aber bereits Kraft gewonnen hat, iſt die Luft oft höchſt durchſichtig und doch iſt es nicht möglich, ein telegraphiſches Zeichen auch nur durch einige Stationen hindurchzubringen. Dieſe Winterconſtitution nennen die Aſtronomen unruhige Luft. Ein Stern geht dann nicht ſtetig am Horizontalfaden des Fernrohrs fort, ſondern er hüpft herauf und herunter. Solche Luft iſt nämlich eine Vermengung warmer aufſteigender und kalter herabſinkender Luft; der Weg des Lichtes ändert ſich daher, je nachdem er dieſe oder jene trifft.

Man kann dies Experiment in einem Weinglaſe machen, wenn man daſſelbe voll blanken Weines gießt und ein Stück Zucker, in einem Löffel an der Oberfläche des Weines gehalten, darin zergehen läßt. Das Waſſer des Weines löſt den Zucker auf und ſinkt mit demſelben beladen in der noch nicht durch Zucker verſüßten Weinmaſſe nieder. Ein fernſtehendes Licht durch ein ſolches Glas Wein betrachtet, flimmert unruhig hin und her, der Wein ſelbſt aber befindet ſich, bis Alles aufgelöſt iſt, in dem Zuſtande der Atmoſphäre, der oben beſchrieben worden, das ſchwere Zuckerwaſſer ſinkt in Fäden nieder, das leichtere, ungezuckerte ſteigt an demſelben vorbei aufwärts. Man ſieht dies bei einer Flüſſigkeit ganz deutlich, weil die gezuckerte die Lichtſtrahlen ganz anders bricht als die ungezuckerte.

Schall bei Nacht.

Man sieht dies auch an der Luft an einem heiteren Frühjahrsmorgen, wenn die Sonne den noch kalten Erdboden zu durchwärmen und von ihm die erwärmte Luft aufzusteigen beginnt, für Jeden, der nur einigermaßen sehen, seine Sinne brauchen kann, ganz unverkennbar. Durch solche Luft pflanzt sich auch der Schall so wenig deutlich fort, als das Licht und zwar aus derselben Ursache und dies erklärt auch die bedeutende Zunahme des Schalles bei Nacht.

Es scheint auf der Hand zu liegen, daß diese weitere Fortpflanzung lediglich darauf beruhe, daß während der Nacht kein Lärm im Allgemeinen vorhanden ist, man daher den einzelnen Ton besser vernehmen müsse. Dies Geräusch ist bei Annäherung an große Städte so sehr zu bemerken, daß Personen, welche noch nicht viel gereist sind, befremdet nach der Ursache des Spektakels fragen. Nähert man sich einer Stadt wie Berlin oder Wien um 9 oder 10 Uhr Abends, so glaubt man einen Bienenschwarm zu hören; solch ein Gesumme wird aus dem Rasseln, Rumpeln, Klappern, Schreien und all den hundert andern Geräuscharten, welche da durch einander tönen, und dieses Geräusches wegen hört man innerhalb der Stadt vieles Einzelne von den Tönen nicht, gerade wie man eine Vorlesung nicht hört, wenn ein Wagen bei dem Saale, in dem sie gehalten wird, vorbeifährt, deshalb man auch Concert- und Schauspielsäle so in das Innere der Gebäude legt, daß sie rundum von Corridors und Zimmern umgeben sind und keine Fenster nach der Straße haben, was allerdings mit Kirchen und Auditorien nicht thunlich, da dieselben Tageslicht brauchen.

Hört dieser allgemeine Lärm auf, so vernimmt man Laute, von denen man vorher gar keine Ahnung hatte. Spät in der Nacht, wenn der Lärm der Straßen schweigt, hört man z. B. auf Thürmen, wie etwa der der Sternwarte in Leipzig oder Breslau, oder wie der Thurm, welcher die ehemalige Berliner Sternwarte trug, die Gespräche der Nachbarsleute und der Anwohner nicht bloß in den Dachfenstern, sondern in den Höfen der nicht zu fern stehenden Häuser und kann auch, ohne von einem Diable boiteux geführt zu sein, hinter mancherlei Geheimnisse kommen. Dieses Lärmens wegen mußte auch Biot seine Versuche über die Fortpflanzung des Schalles in den großen Gasleitungsröhren von Paris in denjenigen Stunden machen, in denen Paris schläft, nicht Nachts um 10 Uhr, sondern Morgens um 10 Uhr.

Unglaubliche Entfernungen der Schallverbreitung.

Es scheint also überflüssig, noch eine andere Ursache — warum man bei Nacht weiter hört als bei Tage — zu suchen, allein es muß doch noch etwas Anderes da sein. Wir haben in unsern mittleren Breiten, in jedem Lande, ja in jeder Provinz jeden Landes Strecken, die, dem Acker- oder Wiesenbau übergeben, wohl geräuschloser sind als die kleinste Landstadt zwei Stunden nach Mitternacht, und doch hört man in solchen Ebenen, auf Ackerfeldern, auf Wiesen ꝛc. während des Tages nicht weiter als man in der Nähe einer Stadt hört, indessen der Ruf der Patrouille, der Vorposten sich bei Nacht auf Meilenweite vernehmen läßt, ja der Verfasser hat etwas erlebt, das wunderbar genug ist, um Zweifel zu erregen und das doch vollkommen wahr ist.

Befreundet mit dem damaligen Gouverneur der kleinen, durch den Dichter Schubert berühmt gewordenen Festung Hohenasperg, befand sich der Verfasser während einer schönen, überaus milden Sommernacht in dem Garten desselben, welcher, auf der Höhe des Walles gelegen, dem Schalle von allen Seiten Zutritt gewährte. Unter heiteren Gesprächen war Mitternacht herangerückt, einige Secunden lang herrschte, wie das wohl so geht, eine völlige Stille in der Gesellschaft. Plötzlich hörte man deutlich den Ruf des Nachtwächters in Stuttgart, welches vier volle Wegstunden, in gerader Richtung wenigstens zwei deutsche Meilen von der Höhe entfernt ist. Wir sahen uns Alle erstaunt an, es waren nicht die Worte, welche man sprechen hörte, wohl aber war es unzweifelhaft die Melodie und der Rhythmus des Allen wohl bekannten Nachtwächterliedes der Residenz — es war nicht der Wächter des ½ Meile entfernten Ludwigsburg, dieser hätte kein Erstaunen erregt, denn ihn hörte man jede Nacht — jenes aber war doch mehr als irgend Jemand für möglich gehalten hätte, und es war eine Thatsache, die sich selbst kein Mitglied der Gesellschaft ableugnete.

Glaubt man nun etwa, die Aecker, die Ländereien eines wohl bevölkerten Staates seien nicht am Tage geräuschlos, weil doch Dörfer und Städte überall wenigstens in Meilenweite zu finden sind, so wird man zugeben, daß die Ebenen von Südamerika und die Waldstrecken daselbst gewiß ruhig genug sind, wo der Wanderer 50 und mehr spanische Meilen nach jeder Richtung zu gehen hat, bevor er ein Indianerdorf oder eine Missionsstation findet.

Humboldt erzählt, daß man das Rauschen der Wasserfälle des Orinoco in Entfernung einer französischen Meile noch so laut höre, daß man

glaubt, ſich in der Nähe einer felſigen Küſte zu befinden, an welcher das Meer laut brandend ſich bricht. Hier, wo nichts die lautloſe Stille der Einöde unterbricht, kann alſo von Tageslärm nicht die Rede ſein, und wenn man etwa glaubt, das Gezwitſcher der Vögel, das Summen der Inſekten, das Brüllen der größeren Thiere, das Geſchrei der Affen dürfte dieſe „lautloſe Stille“ doch ſehr unterbrechen, ſo irrt man, was den Tag betrifft, vollſtändig, denn der Tag iſt die Schlafzeit für dieſe Thiere der heißen Zone, in der Nacht aber hört man einen beſonders in der Nähe der Wälder durch das betäubende Geſchrei der Brüllaffen ſo entſetzlichen Lärm, daß man in der Nähe ſein eigenes Wort nicht verſteht, und trotz dieſes weit wahrnehmbaren Lärms bei nächtlicher Weile hört man das Geräuſch der Brandung des Orinoco mehr als drei Mal ſo weit als am Tage.

Der Grund dieſer Erſcheinung iſt alſo nicht den Schall einzelner Klänge bedeckendes, allgemeines Geräuſch, wohl aber iſt es die bereits angeführte ungleiche Erhitzung der Luft, durch welche der Schall ſich fortpflanzen ſoll. Dieſe iſt bei Wieſen ganz anders als bei Ackerfeld und hierbei anders als bei öden Sandſteppen, der Raſen der Llanos wird am Nachmittage 30 Grad warm, der Granit, welcher in ungeheuren Bänken zu Tage ausgeht, wird 48 Grad warm, die den Schall leitende Luft hat wieder andere Temperaturen und ein ſtetes Vermengen der auf ſo verſchiedene Weiſe erwärmten Antheile der Atmoſphäre bringt eine Heterogenität hinein, welche es nothwendig macht, daß da, wo zwei verſchieden temperirte Luftmaſſen einander begegnen, ein Theilen der Schallſtrahlen nach verſchiedenen Richtungen ſtattfindet, und da dieſes in ſo verſchieden gemiſchten Luftmaſſen ſehr oft geſchieht, ſo iſt eine Verringerung der Fortpflanzung ganz begreiflich. Während des Gewitters aber kommt noch ein dritter Umſtand hinzu, es wechſeln da nicht nur warme und kalte Luftſtröme, durch Windſtöße unregelmäßig gemacht, auf die mannigfaltigſte Weiſe mit einander ab, ſondern es ſtrömt auch Regen herab in großen und in kleinen Tropfen, es kommt auch wohl Hagel dazu und ſo iſt denn für möglichſt ungleiche Zuſammenſetzung der Luftmaſſe und folglich für möglichſt ſchlechte Verbreitung des Schalles geſorgt.

Einfluß der Dichtigkeit der Luft.

Zu der Schwächung des Schalles des Donners trägt weſentlich noch bei, daß es bei Erregung eines Tones darauf ankommt, wie dicht die den Schall fortpflanzende Luft ſei, in welcher er erregt wird. Nun iſt in höheren Regionen die Luft viel dünner als am Erdboden, daher der Schall

dort an sich schwächer und nur diesen schwächeren Schall pflanzt die Luft fort. Ein Schuß im Thale abgebrannt, wird auf dem Berge wohl gehört, denn die Wellen des dichteren Mediums setzen die des dünneren in Bewegung; ein gleich starker Schuß auf dem Berge gelöst, wird im Thale nicht vernommen, weil die sehr viel dünnere Luft, in welcher der Schall entstand, die viel schwerere im Thale nur nach Maßgabe ihrer verschiedenen Massenhaftigkeit bewegen kann, der Schall an sich ist oben viel schwächer; wie unter der Glocke einer Luftpumpe nach und nach der Ton eines Uhrwerks immer schwächer wird, bis er beim völligen Entleeren endlich ganz verschwindet, so auch der Ton auf hohen Bergen; schon auf dem Montblanc hörte Sauſſure den Knall einer tüchtigen Pistole so schwach, als hätte man ein kleines Terzerol abgebrannt, könnte man auf den Gipfel des Dhawala Giri gelangen, so würde man dort den Pistolenschuß vielleicht nur vernehmen wie das Klatschen einer Peitsche.

Bedenkt man diese sowohl erfahrungsmäßige als experimental nachgewiesene Schwächung des Schalles in hohen Regionen, so sollte man sich vielmehr wundern, daß man den Donner so weit hört, als umgekehrt und man kann daraus auf die Stärke desselben schließen. Welche ungeheure Intensität muß daher die Explosion der Meteore haben, bemerkt Dove, welche wir unter dem Namen Feuerkugeln kennen und aus denen die Meteorsteine herabfallen. Das vom Jahre 1719 ertönte bei einer Höhe von 14 Meilen wie ein schwerer Kanonenschuß und erschütterte Thüren und Fenster, das vom Jahre 1756 warf in Aix in der Provence einige Schornsteine herab.

Auf die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles hat die größere oder geringere Dichtigkeit der Luft jedoch keinen Einfluß, sondern es pflanzt sich bei gleichen Temperaturen der Schall von dem Thale aus nicht schneller fort als von dem Berge zum Thale, wie Versuche durch Stampfer und Myrbach in der Nähe von Salzburg bei einem Höhenunterschiede von 4200 Fuß dargethan haben. Es ist dies auch ganz natürlich, und sollte man sich billig wundern, daß wissenschaftliche Leute solche Versuche anstellen, geht der Schall wirklich in dünner Luft langsamer als in dichter, so ist die Summe doch dieselbe, d. h. es ist ganz einerlei, ob man mit zunehmender oder mit abnehmender Geschwindigkeit einen Weg zurücklegt, wenn Zu- und Abnehmen in beiden Fällen nur gleich ist. Genau wie bei der Pendelschwingung verhält es sich auch hier. Wenn man einen langen Faden mit einer Bleikugel an einem Ende oben befestigt, aus der senkrechten Lage bringt und nun losläßt, so ist der Zeitraum, in welchem die Kugel mit stets wachsender Geschwindigkeit bis zu senkrechter Lage

Abtheilung französischer Reiter vermißt und Capitain Lagondie ausgesandt, um sie zu suchen, wobei ein verbündeter Araber sie als Führer begleitete. Schon war es ganz finster, als sie Pferdegetrappel hörten; Lagondie, in der freudigen Voraussetzung, daß es die gesuchten Landsleute seien, befahl dem Trompeter, sie mit seinem Instrument willkommen zu heißen. Halt! rief der Araber, es können Feinde sein, keinen Lärm, wir wollen hören, was sie sprechen.

Lagondie und seine Leute horchten lange aufmerksam, konnten aber keinen Laut unterscheiden. Aber des Arabers Ohr war schärfer: ja, sagte er, es sind Franzosen, wenigstens sprechen sie nicht arabisch, und sie waren es wirklich.*)

So scharfe Sinne haben wir Europäer und vorzugsweise wir Bewohner civilisirter Staaten nicht; in Spanien, Italien, Griechenland, Ungarn, wo die Sicherheit eines jeden Einzelnen nur von der eigenen Wachsamkeit, nicht von der Sorge des Staates abhängt, mag es wohl ähnliche Fälle von verschärften Sinnen geben. Das Thier aber ist auf den Gebrauch seiner Sinne mehr angewiesen als der Mensch, dem Alles hübsch bequem gemacht wird, daher die Sinne der Thiere, welche in die Ferne wirken, auch so außerordentlich fein sind. Der Adler, der Condor erkennt seine Beute aus einer Höhe von 30,000 Fuß, der Hirsch, das Reh, der Hase haben eine Feinheit des Gehöres, welche in Erstaunen setzt. Der ruhig äsende Hirsch hört das Aufziehen des Hahnes einer Büchse auf 1000 Schritt, man sieht ihn im Augenblick, wo dies eigenthümliche Knacken geschieht, seinen Kopf erheben und aufmerksam forschend um sich schauen, deshalb auch der Jäger, der das wohl weiß, sich sehr hütet, ein solches Geräusch zu veranlassen, allein das Knistern seines Trittes wird beinahe auf gleiche Entfernung gehört und würde das Thier entfliehen, wenn es die Gefahr hört, nicht erst wenn es dieselbe sieht, so würde wohl kein Jäger zum Schusse kommen.

Zurückwerfen des Schalles.

Beruht der Schall auf strahlenförmiger Verbreitung von Wellen eines Mediums, so muß derselbe sich auch zurückwerfen, ablenken lassen, beruht er auf einer geradlinigen Fortpflanzung von einem Mittelpunkte nach allen Richtungen, so muß er sich auch in jeder dieser Richtungen aufhalten lassen.

---

*) Dove a. a. O.

So ist es mit der Wärme und mit dem Lichte, deren strahlenförmige Verbreitung wir kennen und so ist es auch mit dem Schall.

Daß der Schall Schatten werfe (um einen Ausdruck zu brauchen, der uns vom Lichte geläufig ist), unterliegt gar keinem Zweifel. Wenn der Schall auf eine große, in seinem Wege liegende Fläche stößt, so wird er zurückgeworfen (Echo). Alle diejenigen Strahlen, welche zurückgehen, können mithin nicht weiter gehen, eine Wahrheit, die so einfach ist, daß sie im Grunde gar keiner Auseinandersetzung bedarf.

Es gehen jedoch Schallstrahlen an der den Fortgang behindernden Fläche vorbei, deshalb ist es hinter solcher Fläche keineswegs vollkommen still, doch ist die beschattende Wirkung derselben so auffallend, daß sie auch der Unbefangenste, daß sie auch derjenige, der von den physikalischen Gesetzen nichts versteht, bemerken muß.

Ein Beispiel, was jedem Stadtbewohner vorgekommen ist und in großen Städten sich täglich wiederholt, möge erläutern, was der Verfasser sagen will.

Es marschirt ein Bataillon mit der Musik an der Spitze die Straße entlang, schon von weitem hört man dieselbe, und wie sie näher und näher rückt, immer lauter; plötzlich hört dieselbe fast ganz auf, man vernimmt kaum noch die Grundtöne der mächtigsten Blaseinstrumente (Serpent, Bomberde, Posaune), man hört sie aber doch, die Musik schweigt mithin nicht, warum hört man denn die übrige Musik nicht? Weil das Bataillon in eine Querstraße abgeschwenkt ist und das Eckhaus den Zuhörenden für die Musik beschattet.

Es ist aber doch kein vollkommener Schatten da, wird der Leser sagen, denn man hört doch immer noch etwas. Nun denn, muß man dagegen fragen, sieht man denn in dem Schlagschatten, den eine Mauer, ein Haus auf die sonnig beschienene Straße wirft, etwa nicht? Es sind dieselben Gründe, welche einen Schatten sehen und einen Ton hören lassen, Beugung der Strahlen und Reflex derselben.

Durch die Luft wird der Schall fortgeflanzt, aber an der Ecke, an der Mauer vorbeigehend, wird dieser Endpunkt gewissermaßen wieder eine Schallquelle und von ihr aus verbreitet sich der Schall nach allen Seiten so gut, wie von der eigentlichen Quelle des Tones, von dem musikalischen Instrument, von dem Pistol, was es auch sei, nur natürlich um so viel schwächer, als diese neue, zweite Schallquelle ja nur immer ein geringer Antheil der ursprünglichen ist. Somit ist also ein Hören jenseits der hemmenden Mauer nothwendig, allein der Ton ist um so schwächer, je mehr das daran Vorbeigehende ein kleinerer Antheil des ganzen Schalles ist.

Reflex.

Wichtiger als dieser Umstand ist jedoch ein anderer, auf der Erde nie mangelnder, das ist der Reflex. Geht der Schall an einem Gegenstande vorbei, so trifft er auf einen andern und wird von diesem zurückgeworfen, er prallt gewissermassen davon ab; es braucht gar kein fester Gegenstand zu sein, ein Wald läßt gewiß genug Schallstrahlen in seine Masse eindringen, doch giebt die Gesammtheit des Waldes, Laub, Aeste, Stämme, so viel von den Schallstrahlen zurück, daß daraus ein deutliches, ja nicht selten ein sehr schönes, verständliches, Silben und Worte wiedergebendes Echo entsteht.

Bleiben wir aber bei dem oben angeführten Beispiele von der Regimentsmusik stehen, so liegt die Sache (das Hören hinter der einen Schallschatten gebenden Mauer) noch viel näher, denn hier wird ja von demjenigen Hause, welches dem schattengebenden gegenüber liegt, Schall gegen uns reflectirt, und noch von hundert andern Gegenständen findet dies statt. Die Hauptmasse des Schalles wird uns zwar entzogen, geringere Mengen desselben aber kommen uns von verschiedenen Seiten zu, so daß eine völlige Stille durch schattengebende Körper so wenig möglich ist, als eine völlige Finsterniß durch einen gegen das Licht undurchsichtigen Körper.

Sollte ein Versuch der Art mit dem Schalle gemacht werden, so würde er wahrscheinlich nur durch Luftballons auszuführen sein und daher sehr kostbar werden, im Uebrigen würde man dadurch wohl nur erfahren, was die Theorie der Strahlenverbreitung überhaupt sagt.

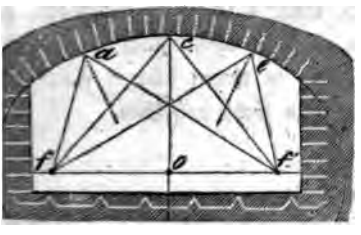
Gesetze des Schallreflexes.

Interessanter als ein solches theoretisches Problem (ob es thunlich, einen vollkommenen Schallschatten zu bilden, welches an der Erde doch nicht möglich wäre, da die Erdoberfläche selbst ja schallreflectirend ist) dürfte die Untersuchung der Gesetze sein, nach denen der Schall zurückgeworfen wird.

Soll der Schall eine Zurückwerfung nicht zufälliger Art, sondern nach gewissen Voraussetzungen erhalten, will man ihn irgend wohin leiten, so muß man ihn genau so behandeln, wie man unter einem ähnlichen Verlangen das Licht behandeln würde, denn es gilt auch für den Schall das Gesetz, daß die Strahlen von einer reflectirenden Fläche unter demselben Winkel zurückgeworfen werden, unter dem sie auffallen und ist dies eben so gut für gekrümmte Flächen gültig wie für gerade.

Nehmen wir an, die Fig. 255 gäbe uns den Durchſchnitt eines elliptiſch eformten Gewölbes, von welchem *o* den Mittelpunkt bildet, indeß *f* der eine und *f'* der andere Focus iſt, ſo kann man ſich unter *fa*, *fc* und *fe* Schallſtrahlen denken und man wird ſich nun fragen, wie werden dieſelben zurückgeworfen?

Fig. 255.

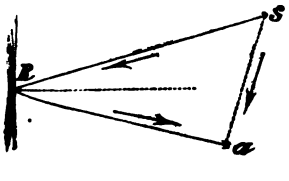


Die Antwort wird ſein: lege an die Berührungspunkte der Schallſtrahlen mit dem Gewölbe Linien an, welche auf dem Gewölbe ſenkrecht ſtehen; ieſe ſenkrechten Linien ſind bei *a* und *e* punktirt und bei *c* iſt eine ſolche ogezogen, ſie trifft den Durchſchnittspunkt der großen und der kleinen xe und iſt ſelbſt eine der Axen, hier die kleinere.

Hat man dieſe ſenkrechten Linien, dieſe Normalen, ſo verſteht ſich das ebrige von ſelbſt; zu der Linie *fa* zieht man eine ſolche, die mit der punktirten Linie einen genau ſo großen Winkel macht als die Linie *fa* mit derſelben. Eben ſo verfährt man mit den beiden andern Linien und wenn an dies recht genau durchgeführt hat, ſo wird man finden, daß dieſe nen Linien alle in dem Punkte *f'* zuſammen kommen. War *f* der eine rennpunkt der Ellipſe, ſo iſt *f'* jederzeit der andere, und eine Stimmgabel dem Punkte *f* zum Tönen gebracht, wird ſo wie eine tickende Uhr, oder n anderer, einen ſchwachen Schall gebender Körper, nur in dem Punkte *f'* hört werden.

Ganz daſſelbe findet bei jeder andern, den Schall zurückwerfenden läche ſtatt, nur mit dem Unterſchiede, daß wenn dieſelbe nicht eine ſolche rümmung hat, daß die reflectirten Strahlen in einem Brennpunkt zuſammen mmen, ſie ſich auch nicht concentriren werden, der Reflex aber findet ſtatt, ie auch die Fläche geſtaltet ſei. Iſt z. B. *R* eine gerade oder convex gekrümmte Fläche und es wird in *S* ein Schall erregt, welcher auf dem durch den Pfeil bezeichneten Wege nach *R* gelangt, und fragt man nun, wohin wird derſelbe zurückgeworfen werden, ſo ergiebt ſich die Antwort hierauf wie auf die vorige Frage durch Errichtung der punktirten Linie, welche ſenkrecht uf den Körper *R* ſteht, genau in dem Berührungspunkte der Linie *SR*. Man wird nun einen Winkel zu ſuchen haben, welcher genau dem von *SR* it der punktirten Linie gleich iſt, dies iſt *RO*, und ein Jeder, der in der

Fig. 256.



Linie RO ſteht, hört den Schall, welcher in S erregt worden iſt, ſo, als wäre er in R hervorgebracht, wie der Pfeil andeutet.

Da jedoch der Schall nicht von R ausgeht, ſondern von S, ſo wird dieſer Schall von Jemandem, der auf der Linie RO ſteht, gleichfalls gehört werden, indem der in S erregte Ton ja nicht allein nach R, ſondern nach allen Richtungen, alſo auch nach O geht, in einem ſolchen Falle hört O zuerſt den in S erregten Ton und dann das Echo deſſelben.

Schallgewölbe.

Es giebt unglückliche Bauanlagen, in denen dies durch Schuld des Baumeiſters hervorgebracht iſt, dann kann es ſehr ſtörend werden. Das alte Theater in Stuttgart hatte eine tonnenartig geformte Decke; die Perſonen, welche im Parterre oder den Sperrſitzen die Mitte des Schauſpielhauſes einnahmen, hörten zuerſt den Souffleur, dann den Schauſpieler und hierauf vollkommen deutlich von oben, wie es ſchien aus der Oeffnung für den Kronleuchter herabkommend, nochmals daſſelbe zur wahren Verzweiflung der dorthin Verwieſenen. Mitunter geſchah dies in ſolcher ſinnverwirrenden Art, daß man gar nichts von Allem verſtand, weil die auf einander folgenden Töne und die Echo's derſelben ſich deckten. Dieſer Erfolg hätte dem Baumeiſter vorher einleuchten und er hätte die ungeſchickte hölzerne Wölbung aus ſeinem Plane weglaſſen müſſen, man hat ſich dort jedoch ſo ſehr in dieſer Anordnung gefallen, daß auch der ſogenannte Redoutenſaal, welcher vorzugsweiſe zu Concerten beſtimmt war, auf eben ſolche Weiſe gebaut, mit einem Tonnengewölbe verſehen iſt. Das neue Theater hat natürlich hierin eine Abänderung erfahren.

Baut man abſichtlich in dieſer Art, ſo kann man ganz wunderbare Effecte erzielen.

Wenn m ein paraboliſch geſtalteter Hohlſpiegel iſt, in deſſen Brenn-

Fig. 257.

punkt *s* eine Uhr liegt, so gehen die sich ausbreitenden Schallstrahlen nicht nur nach der offenen Seite, sondern sie treffen auch auf den ihnen nahe liegenden Spiegel und werden von diesem zurückgeworfen. Der in einem der Berührungspunkte errichtete Perpendikel *mn* giebt die natürliche Richtung der Schallstrahlen an. In einer Parabel werden diese sämmtlich parallel, wenn sie aus dem Brennpunkte kommen und so parallel gehen sie auf große Strecken fort.

Wenn man nun diesem Hohlspiegel gegenüber einen zweiten *m'* aufstellt, so daß die Axen beider in einander fallen, d. h. so daß die beiden äußersten Ränder der Spiegel vollkommen parallel mit einander stehen, so werden die von dem zweiten Spiegel aufgefangenen Strahlen sämmtlich in dem Brennpunkte *o* vereinigt und derjenige, dessen Ohr sich hier befindet, wird das geringfügige Geräusch der tickenden Uhr auf eine Entfernung von 70 Fuß hören.

Einen großen Uebelstand findet man bei diesen Versuchen in dem Körper des Experimentirenden; der Leser sieht wohl ohne Zweifel, daß durch Kopf und Oberleib der Figur wenigstens die Hälfte der von dem einen Spiegel auf den andern gesendeten Strahlen aufgefangen werden, also nicht zur Wirkung kommen können; der Verfasser hat dies Experiment daher immer so angestellt, daß er ein Hörrohr von der Form der Fig. 258 so stellte,

Fig. 258.

daß seine breite Oeffnung mit dem Focus des Spiegels zusammentraf, natürlich war dies Rohr im Verhältniß zu dem Spiegel sehr viel kleiner als die Zeichnung giebt, so daß ein Vortheil für das Mehr der empfangenen Strahlen in die Augen springen mußte. Dasselbe darf nicht beträchtlich größer sein als die Ohrmuschel eines Menschen. Hat man diese Einrichtung getroffen, so ist der Effect solcher Hohlspiegel außerordentlich und man hört die Uhr so deutlich, als ob man dieselbe dicht an dem Ohre hielte.

Schallgrotten.

Von dieser Wirkung paraboloischer Flächen hat die Baukunst Gebrauch gemacht, wenn auch nur als Spielerei. An vielen Orten, besonders in fürstlichen Gärten, befinden sich Schallgrotten; Gewölbe in der Form von Parabeln, groß genug, um eine mäßige Gesellschaft zu fassen. Die Grotten sind inwendig mit einem sehr ebenen Mörtel bekleidet, um den Schall gut reflectiren zu können; sie liegen einander sehr genau gerade gegenüber,

können jedoch durch leichtes Gebüsch, durch ein paar schwach belaubte Bäume so maskirt werden, daß sie einander nicht sehen. Wenn nun Jemand aus der Gesellschaft, der dem Mittelpunkte der Grotte am nächsten sitzt, ganz leise spricht, so hört ein Anderer, welcher in der correspondirenden Grotte befindlich, jedes Wort, jedes Geflüster. Der Verfasser hat die wunderbare Wirkung beobachtet, welche der auf solche Weise übertragene Gesang einer jungen Dame machte: der Hörer, ohnedies etwas zur Schwärmerei geneigt, wollte sich nicht nehmen lassen, daß er himmlische Klänge, daß er die Stimme eines Engels gehört, und war durchaus nicht erbaut, als man ihm den Schlüssel zu diesem Räthsel in die Hand gab.

Das Echo ist die gewöhnlich von der Natur herbeigeführte Wirkung reflectirter Schallstrahlen. Am häufigsten nennt man Echo einen Schallreflex nach der Gegend hin, in welcher der tongebende Körper, in welcher der Mensch, der ihn erregt, sich befindet, dies ist aber nur diejenige eine Art des Reflexes, bei welcher der zurückgeworfene Strahl in sich selbst zurückkehrt, in allen andern Fällen wird der Sprechende seine Worte nicht vernehmen, nichts desto weniger sind diese andern doch auch Echo's, und sie sind im Gegentheil nicht die seltenen, sondern die häufigeren, aber weil für das Echo, welches der Tongebende selbst hören will, eine Bedingung unerläßlich ist, die nämlich, daß die reflectirende Fläche genau senkrecht auf den Schallstrahl steht (also unter tausend Fällen ein einziger, indeß unter eben so vielen die 999 übrigen diejenigen sind, in welchen mehr oder minder große Winkel gebildet werden zwischen dem einfallenden Schallstrahl und der reflectirenden Fläche), darum kommen vorzugsweise sogenannte Echo's seltener vor, als man bei einer so einfachen Vorrichtung meinen sollte.

Die Entfernung, welche der Schall durchläuft, ist verschiedentlich gemessen worden und haben wir bereits angegeben, daß sie nach den Verhältnissen von Temperatur und Druck der Luft zwischen 1030 und 1100 Fuß in der Secunde beträgt.

Von dieser Geschwindigkeit des Schalles hängt die Wirkung des Echo's ab; ist ein echogebender Körper so weit entfernt, daß der Schall ihn wohl noch, sein Reflex aber nicht mehr unser Ohr erreicht, so entsteht unter gewöhnlichen Umständen kein Echo. Eine steile Felswand, ¼ Meile von uns entfernt, ja nur 1000 Schritt weit giebt schon kein Echo mehr für den lautesten Ruf.

Echo.

Allein die Klänge, Töne, das Geräusch, das man hervorbringen kann, sind sehr verschiedener Art, ein Pistolenschuß wird von einer 3000 Schritt

Meile) entfernten Felswand wohl zurückgeworfen werden; ein Gebirge einen echogebenden Körper zu betrachten, fällt wohl nicht leicht Jemandem , doch wird der Donner eines Gewitters davon gleichfalls reflectirt. Es mmt also darauf an, wie laut der gegebene Ton und wie weit der ogebende Körper entfernt ist.

Hiernach richtet sich das, was man ein einsilbiges und ein vielbiges Echo nennt. Ist man von dem reflectirenden Körper etwa 100 Fuß ntfernt, so wird der Wiederhall in ⅓ Secunde gehört, diese Zeit genügt, um n Wiederhall von Schall zu unterscheiden, man hört also eine Silbe fast mittelbar, nachdem man sie ausgesprochen hat. Für zwei Silben ist weger als das Doppelte der Zeit genügend, daher die Entfernung auch nicht 00 Fuß zu sein braucht, sondern etwa 180 Fuß schon für ein zweisilbiges ho genügen. Bei 500 Fuß Entfernung des Echo's braucht der Ton eine ge Secunde zum Hin- und Zurücklaufen und solch ein Echo wird ein chssilbiges sein, d. h. sechs hinter einander ausgesprochene Silben werden ng deutlich vom Echo wieder zurückgegeben.

In der Natur eignet sich wegen seiner meistentheils senkrechten Abstürze r Quadersandstein am besten zu einem vielsilbigen Echo, doch auch ein radlinig begrenzter, geschlossener Wald giebt schon ein mehrsilbiges Echo; i großen Gebäuden, welche ziemlich frei stehen, findet man dergleichen am ufigsten. Für die natürlichen Echo's geben die Felsgegenden von Aberch und die schönen Vorlande der würtembergischen Alp, in welcher Liaser Jurakalk, auch Kalkschiefer, rother und bunter Sandstein häufig in breit vorragenden Fronten auftritt, ausgezeichnete Beispiele; was künstliche Echo's betrifft, so zeigt eins der schönsten der runde Platz in Cassel; im Alterthum r das berühmteste das am Grabmal der Metella, welches 15 Silben hinter ander, nämlich den ganzen ersten Vers der Aeneide acht Mal wiederholte.

Besondere Arten von Echo's.

Dies führt uns noch auf besondere Arten von Echo's; so wie es nämlich rgleichen giebt, die acht oder zehn Töne nach einander gegeben, einmal ederholen, so giebt es auch solche, welche einen Ton acht oder neun Mal ederholen. Man nennt diese nicht vielsilbige, sondern vielfältige Echo's, entstehen dadurch, daß reflectirende Wände in gewissen Entfernungen einen d denselben Schall nach einander zurückschicken, mitunter so oft, daß man nicht mehr zählen kann. Am einfachsten ergiebt sich dies, wenn zwei ände einander gerade gegenüber stehen, parallel mit einander sind, aber ch, wenn mehrere Wände so hinter einander stehen, wie die Coulissen

eines Theaters. Es bedarf in dem letzteren Falle nicht einmal großer Wandungen, es sind schon kleine Flächen ausreichend, sind deren sehr viele und stehen sie in einer geringen Entfernung von einander, so wiederholen sie nicht den Schall einzeln, sondern die sämmtlichen Wiederholungen schmelzen zu einem gehaltenen Ton zusammen.

Der Verfasser machte schon als Knabe diese Bemerkung, wiewohl er sich dieselbe damals so wenig zu erklären wußte, als man sie ihm erklären konnte. Seiner Eltern Garten war von einem Bretterzaune in der Länge von wenigstens 300 Schritt begrenzt, alle 10 Fuß stand ein Pfahl, welcher die Querbalken trug, woran die Bretter befestigt waren. Wenn nun an dem einen Ende ein Peitschenknall fiel, so lief von dem Entstehungsorte desselben ein gellender, lang gehaltener Pfiff aus, der mit dem Wiederhall der Peitsche da endete, wo der Gartenzaun rechtwinklig umbog. Daß dieser Wiederhall dem Echo zuzuschreiben sei, lag auf der Hand, daß der pfeifende Ton aber von dem in einer halben Secunde 60 Mal reflectirten Knall herrühre, war damals Niemandem aus des Knaben Umgebung bekannt. An einer Kirchhof- oder einer Stadtmauer, welche gewöhnlich, um Ersparniß an Material zu machen, aus lauter einzelnen Wölbungen mit schwacher Füllung, also aus vorspringenden Pfeilern einer gleich weit zurücktretenden Wand bestehen, kann man dies Experiment sehr gut machen. Ein Pistolenschuß giebt daselbst eben so gut einen pfeifenden Ton wie ein Peitschenknall. Da jeder folgende Ständer oder Pfeiler von dem Beobachter entfernter ist als der vorhergehende, so kommt von jedem der folgenden der reflectirte Ton um etwas später zurück als von dem näheren, die Lufterschütterungen werden also langsamer und mithin wird der Ton nach und nach niedriger, der Pfiff fängt in einer gewissen Höhe an und sinkt, bis er aufhört (vorausgesetzt daß die Mauer lang genug ist), wenigstens um eine ganze Terz herab.

Befinden sich nun so gestaltete Hindernisse für die gerade Fortpflanzung des Tones in größerer Entfernung von einander, z. B. von 100 zu 100 Fuß, so hört man den Schall einzeln als Echo so oft wiederholt, als ein solches Hinderniß da ist.

Vielfache Echo's.

Solcher vielfach sich wiederholender Echo's sind einige sehr interessante durch die neueren Lehrbücher der Physik aufgeführt und sie waren den Forschern so merkwürdig, daß selbst die deutschen in Frankreich und England bekannt geworden sind, eine Ehre, welche früher unsern Raritäten nicht leicht zu Theil wurde.

Außer dem von Gassendi angeführten vom Grabmal der Metella, welches er noch hörte, das jedoch jetzt sein Wunderbares gänzlich verloren haben soll, citirt Pater Kircher ein solches, das er im Schlosse von Simonetta bei Mailand gefunden. Dieses hat außer dem Hauptgebäude zwei Flügel, wie die Universität zu Berlin, deren parallele Wände den Knall eines Pistolenschusses 56, nach einigen Beobachtern gar 60 Mal zurückwerfen, das erste ist das Echo des eigentlichen Schalles, jedes folgende ist das Echo des vorhergehenden Echo's. Monge hat Gelegenheit gehabt, dies in neuerer Zeit zu untersuchen und die Thatsache festzustellen.

Unfern Coblenz an dem Lurleyfelsen ist ein Echo, welches 17 Mal dasselbe Wort wiederholt, eben so oft wiederholt das Echo von Woodstock ein Wort während des Tages, 20 Mal aber zur Nachtzeit, wie Robert Plott meldet, der dasselbe genau untersucht und beschrieben hat. Sehr schön ist auch das 13fache Echo, welches zwei Thürme (3 Lieues von Verdun) geben, wenn man sich mitten zwischen dieselben stellt. In einem Gebäude zu Pavia ist ein sonderbares Echo, welches 30 Mal auf irgend eine Frage mit der letzten Silbe gewissermaßen antwortet.

Außer diesen hat Dove noch Nachrichten über andere sehr interessante Echo's gesammelt, so über das 22fache der berühmten Menaibrücke, über das 15fache vom Lago del Lupo, über den Wasserfall von Terni; auch zu Genetay bei Rouen in der Normandie ist ein sehr merkwürdiges Echo, worüber in den Schriften der Pariser Akademie vom Jahre 1692 eine Abhandlung enthalten ist. In dem halbkreisförmigen Hofe eines Gebäudes singend, hört der Sänger nur seine eigene Stimme, ein Anderer, von ihm in einer gewissen Entfernung stehend, aber nur das Echo derselben, aber mit großen Verschiedenheiten, indem es bald nahe, bald fern, bald deutlich, bald gar nicht, von Einem wie eine Stimme, von dem Andern wie viele, von dem Einen zur rechten, von dem Andern zur linken Seite gehört wird. Diese Sonderbarkeiten erklären sich sehr leicht aus der mangelhaften Art, die Versuche anzustellen, wie es vor 170 Jahren kaum anders sein konnte, da man die Grundsätze, nach denen der Schall sich verbreitet, kaum noch ahnte.

Wölbungen geben, wie bereits oben angeführt, häufig sehr schöne Echo's und es muß dies eigentlich allemal der Fall sein, wenn die Brennpunkte aufgefunden werden; da indessen meistens (außer bei Kellerwölbungen) die Brennpunkte über dem Standpunkt des Besuchers liegen, nimmt man sie nicht wahr.

911

Flüstergallerien.

Hohlkehlen an Gewölben sind sehr geeignet, den Schall leise gesprochener Worte weiter zu leiten, wie ja auch die Hohlkehle, welche der äußere Rand der Ohrmuschel bildet, den Schall nach dem inneren Ohre leitet. Die Flüstergallerie in der Paulskirche zu London und die Gallerie des Vorbildes jener Kuppel, nämlich die der Peterskirche zu Rom, gehören hierher; die hohe Kirche von Striegau in Schlesien verdient nicht weniger berühmt zu sein, am auffallendsten aber war ein solches Beispiel der Fortleitung des Schalles in der Cathedrale zu Agrigent (Girgenti) in Sicilien zu finden. Man erzählt hiervon eine schauerliche Geschichte: Ein vornehmer Herr führt einen Freund in die Cathedrale, um demselben die Schönheiten dieses Baues zu zeigen, dabei verweilt er in einem der Nebenschiffe einen Augenblick; plötzlich wird sein Gesicht sehr ernst, er antwortet nicht auf die Fragen des Freundes und winkt demselben sogar Schweigen zu, während er ihn forschend ansieht, da er jedoch dessen Züge nichts als Verwunderung ausdrücken sieht, verfolgt er seine Beobachtungen.

Es waren höchst verhängnißvolle; er befand sich zufällig in dem einen Brennpunkt eines Kreuzgewölbes, in dessen anderem Brennpunkt eben so zufällig ein Beichtstuhl stand und der Nobile hörte die Beichte seiner Gattin an. Sie gestand dem Gewissensrath eine begangene Untreue und der Morgen fand sie und den Verbrecher ermordet.

Der Beichtstuhl ward, als man den Grund des Verrathes seiner Geheimnisse erfuhr, an eine andere Stelle gesetzt, er ist jedoch den Sicilianern so gut im Gedächtniß geblieben, daß er ein- für allemal leer bleibt.

Verlauf des Schalles.

Ein sehr lebhaftes Echo erzeugt in Gebirgsgegenden der Donner, allein nicht das Echo, sondern die Länge des Blitzes ist der Grund seiner langen Dauer. Der Blitz scheint zu seinem Erscheinen und Verschwinden keine Zeit nöthig zu haben, wir wissen bereits, daß die Elektricität wenigstens 60,000 Meilen in einer Secunde läuft, der Blitz von der Länge einer Meile braucht also nur $\frac{1}{60,000}$ Secunde; allein dieser so kurz dauernde Blitz ist doch 24,000 Fuß lang, nun geht der Schall aber nur 1000 Fuß in der Secunde, wenn ich also auch von dem Punkte, wohin der Blitz trifft, den Schall sogleich empfange, so höre ich den Schall der folgenden 1000 Fuß doch erst nach einer Secunde, den Schall des zehnten und zwölften

Tausend erst nach 10 Secunden und den Schall des letzten Endes des Blitzes erst nach 20 Secunden und später, wenn der Blitz noch länger war, das Leuchten des Blitzes braucht keine Zeit, der Schall braucht deren.

Wollte der Regiments-Commandeur am rechten Flügel der langen Front stehen (3 Bataillone à 1200 Mann in drei Gliedern giebt mit den Distanzen, den dazwischen stehenden Musikern, Trommlern ꝛc. ungefähr 1500 Schritt) und „Gewehr auf!" commandiren, so würde die letzte Rotte (vorausgesetzt die Stimme tönte bis dahin, was sehr zweifelhaft sein dürfte), ihr Gewehr erst aufnehmen, nachdem die erste es bereits 3 Secunden lang im Arme hat. Deshalb steht der Commandeur nicht am rechten Flügel, sondern mitten vor der Front, das reducirt den Fehler auf die Hälfte; ferner steht er weit von der Front, dies verringert den Fehler noch mehr; endlich commandirt er zwar, aber da er wohl weiß, daß seine Stimme nicht 1000 Schritte reicht, so giebt er mit dem bei dem Worte „Auf!" plötzlich gezogenen Degen ein Zeichen, das Zeichen sieht man auf jede Entfernung der Erde zugleich, ohne Zeitverlust, während das Hören stets einen solchen mit sich führt. Ein Donner von Dauer, ohne Hülfe des Echo's, kann ganz wohl hervorgebracht werden, wenn man die Ursache des Schalles ausdehnt. Ein Flintenschuß ist ein Knall, 10,000 Flinten in einer geraden Linie, d. h. ein Armeecorps, das eine Salve giebt, erzeugen einen 20 Secunden langen Donner, so lange dauert es, bevor der Schall der letzten Flinte denjenigen erreicht, der neben dem ersten steht und da in jedem 500sten Theil einer Secunde der Schall eines Schusses erfolgt, so erscheint das Ganze wie ein zusammenhängender Donner, da aber jeder folgende Schuß ferner ist als der vorige, so ist der Donner ein verhallender, er wird immer schwächer.

Das Sprachrohr.

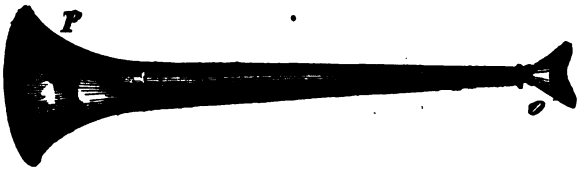
Auf den Gesetzen der Zurückwerfung beruht das Hör- und das Sprachrohr, beide eigentlich ganz dasselbe, nur verschieden im Ansatz. Ein Fernrohr verändert sich nicht, ob man in das Ocularglas oder in das Objectivglas hineinsieht, wenn schon die Wirkung sehr verschieden ist.

Das Sprachrohr ist ein hohler Kegel, in dessen enge Mündung man spricht, um den Schall weit fortzupflanzen, das Hörrohr ist ein hohler Kegel, in dessen weite Mündung man spricht, um den Schall zu concentriren, das Hörrohr ist also ein umgekehrtes Sprachrohr.

Es ist beinahe gleichgültig, woraus das Instrument gefertigt wird, aus Pappe, Gummi elasticum, Leder oder Blech. Die auf der folgenden Seite stehende Fig. 259 zeigt die beste Form für ein Sprachrohr, läßt man das

Mundstück *o* fort, so wird dasselbe ein Hörrohr, und es ist nichts weiter als eine Verringerung der Dimensionen nöthig.

Fig. 259.



Man sieht, dasselbe besteht aus einem kegelförmigen Mittelstück, einem Mundstück *o*, welches groß genug ist, um den Mund zu umschließen, ohne die Bewegung der Lippen zu hindern und aus einem sogenannten Pavillon *P*, einem trichterförmigen Endstück, welches ausgebogen ist, wie die Schallstücke der Trompeten, der Posaune, der Blechinstrumente.

Das Mundstück dient, um beim Sprechen in das Rohr den Verlust eines Theiles des Schalles nach den Seiten hin zu verhindern, zu bewerkstelligen, daß alle erregten Luftwellen in den kegelförmigen Körper gelangen. Man hält dies Mundstück für durchaus nothwendig, der Verfasser aber hat mit mehreren und verschieden gestalteten Sprachrohren Versuche über deren Tragkraft angestellt und gefunden, daß, je directer man den Mund in das Rohr selbst bringt, je weiter der Schall geführt wird. Hat die Rohröffnung dicht unterhalb des Mundstückes etwa die Weite eines Doppelthalers und spricht man dann unmittelbar in das Rohr, mit Hinweglassung des Mundstückes, so ist die Wirkung des Rohres eine bedeutend größere.

Anders ist es mit dem Schalltrichter, dieser ist nothwendig und eine Hinweglassung desselben schadet der Wirkung des Rohres bedeutend, allein wie der Trichter wirkt, welcher der theoretische Schlüssel zu den Gesetzen der Verstärkung durch ihn, wie überhaupt durch das Rohr ist, weiß man mit Sicherheit keineswegs.

Theorie des Sprachrohres.

Die alte Ansicht von der Wirkung des Instruments ist diese: der in der Mündung erregte Schall strebt, sich strahlenförmig auszudehnen, wird jedoch durch die Wände des Rohres daran gehindert. Diese werfen den Schall zurück unter demselben Winkel, unter dem er auffällt, so gelangt der Schallstrahl von oben nach unten, von links nach rechts, wird wieder herauf oder herabgeworfen, und die zweckmäßigste Form des Sprachrohres ist diese, bei welcher nach den verschiedenen Zurückwerfungen endlich der Schall in

ter parallelen Strahlen aus der Mündung kommt und ſo parallel in die ite geht.

Wäre dies der Fall, ſo müßte es eine beſte Form und eine beſte ubſtanz geben zur Verfertigung des Sprachrohres; beides aber iſt gleich- itig, wenn die Mündung, in welche man hineinſpricht, nur enger iſt als andere, aus der der Schall entweicht.

Auch müßte, wenn jene Anſicht die rechte wäre, die Hinweglaſſung des challtrichters nichts an dem Tone ändern; ſie ändert, ſie ſchwächt aber bedeutend, daß man daraus die Wichtigkeit dieſes Theiles und die Un- chtigkeit der bisherigen Theorie von der Schallverbreitung durch das prachrohr recht deutlich erkennen kann.

Endlich aber und hauptſächlich liegt ein ſehr entſchiedener Widerſpruch gen die angeführte Annahme darin, daß es nicht auf die Elaſticität des toffes ankommt, aus welcher das Sprachrohr gefertigt, daß man es ſogar beſchadet ſeiner Wirkung inwendig mit Tuch bekleiden kann, welches den eflex der Schallſtrahlen faſt gänzlich hindert, und daß der Ton des Sprach- hres gar nicht etwa wie die Leuchtkraft einer Flamme durch einen Spiegel ch einer abgegrenzten Richtung fortgeſendet wird, ſondern daß es über- upt den Ton verſtärkt, daß man hinter dem Sprachrohr den Sprechenden m ſo viel lauter hört als vor demſelben. Wäre die Verſtärkung der timme lediglich ein Erfolg der ſtrahlenförmigen Fortpflanzung nach der- igen Richtung, welche durch das Sprachrohr vorgeſchrieben iſt, ſo müßte r derjenige den Schiffscapitain verſtehen, auf welchen in dem dahin jelnden Schiffe die Axe des Sprachrohres gerichtet iſt. Wie wenig dies r Fall, erfährt man nicht etwa dadurch, daß alle Bewohner des Schiffes, welches jetzt geſprochen wird, die zwar bis zum Grauſenhaften ent- llte, aber eben ſo verſtärkte Stimme des Capitains hören, ſondern durch en, auch den roheſten Verſuch, mit dem erſten beſten Bogen Pappe, lchen man koniſch zuſammendreht.

Das Hörrohr.

Nicht beſſer ſieht es mit der Theorie des Hörrohrs aus. Dies In- ument, im Ganzen von der Form, welche die Fig. 260 giebt, hat doch

Fig. 260.

so mannigfaltige Formveränderungen erlitten, daß man sie nicht mehr mit der Lehre vom Reflex des Schalles zusammenreimen kann. Das Trompetenschallstück ist auch hierbei von wesentlichem Einfluß, allein ob dasselbe so oder anders gestaltet, gebogen, ist ganz gleichgültig; wunderbar dabei daß es auf die Länge des Verbindungsrohres so wenig wie auf die Weite desselben ankommt. Man hat Röhren von Kautschuck, Guttapercha und auch Metall, dies sind Widerstand leistende, denn selbst der elastische Harz hat noch eine ziemlich harte und ebene oder glatte Oberfläche, allein es giebt Hörrohre aus dem Geflecht, welches man zu den biegsamen Pfeifenschläuchen braucht, eine lange Drahtspirale mit Kattun umwickelt, und dann äußerlich mit irgend einem farbigen Stoffe (Baumwolle, Seide ꝛc.) überspannen. An dem einen Ende solchen Schlauches von 2 Ellen und mehr Länge befindet sich das Schallstück, gewöhnlich aus Horn gedrechselt, an dem anderen ein dünnes Rohr, wie eine Pfeifenspitze, dessen runder Knopf in das Ohr gesteckt wird.

Man hat in dem Rohre alle möglichen Bedingungen vereinigt, um den Schall nicht zu reflectiren, vermöge der Spirale von Draht, welche steif und sperrig ist, und der weichen Umwickelung des Gewebes wechselt hier Berg und Thal unaufhörlich ab; fände ein Reflex der Schallwellen statt, so müßte es der unregelmäßigste und ungeschickteste sein, den man sich nur denken kann, dazu sind die beiden Ansätze des biegsamen Rohres an die Hornstücke durch das Einschrauben des Schlauches in dieselben gewöhnlich verengert, zusammengedrückt; und dennoch ist es erstaunenswürdig, welche Wirkung ein so höchst unvollkommenes Instrument macht. Der Verfasser kennt Personen, deren Harthörigkeit ganz nahe an Taubheit grenzte, mit diesem Rohre versorgt haben sie das leiseste Sprechen vernommen, wenn der Mund des Sprechenden nur gegen die Schallöffnung gerichtet und das Pfeifenmundstück in die Ohrmuschel eingeführt war.

Auch hier kennt man also die eigentlichen Gesetze der vortheilhaften Fortpflanzung des Schalles durchaus nicht und es würde vielleicht ganz vergeblich sein, ein solches Instrument nach der vorhandenen Theorie zu construiren, man muß sich der Praxis überlassen, man muß probiren, was das beste ist.

Gleichmäßigkeit der Fortpflanzung des Schalles.

Auf die Art des Schalles kommt es bei der Fortpflanzung gar nicht an (nur daß ein stärkerer Schall weiter zu hören ist als ein schwächerer), hohe Töne pflanzen sich nicht schneller und nicht langsamer fort als tiefe,

ie der ſanften Flöte nicht langſamer als die der ſchmetternden Trompete der der ſchneidenden Picoloflöte, daher giebt auch das Echo den Schall ganz in dem Rhythmus wieder, in welchem derſelbe ihm überliefert wurde. Würde eine Verſchiedenheit der Fortpflanzung ſtattfinden, ſo würde man kein Concert geben können, die Inſtrumente kämen niemals zuſammen, außer in der allerunmittelbarſten Nähe. Es giebt Bedingungen, unter denen eine ſolche Verſchiedenheit durch den Muſikdirector veranlaßt, gefordert wird, zur Strafe für ſeinen Unverſtand hat er dann gleich das Mißlingen ſeines Unternehmens zu tragen. Der Verfaſſer meint diejenigen Doppelconcerte, bei denen z. B. in einer ſehr großen Kirche zwei Muſikchöre einander in der möglichſten Entfernung gerade gegenüberſtehen. Beträgt dies 200 Fuß (wir haben viele Kirchen, welche eine bedeutend größere Länge haben), ſo ſind die Muſikchöre um ein Fünftheil Secunde aus einander. Wenn nun der Muſikdirector bei dem einen Chor dirigirt und gleichzeitig dem anderen Chore die Signale giebt, ſo werden begreiflich beide in demſelben Augenblick anfangen oder taktmäßig pauſiren oder einſetzen, für die Zuhörer aber, die in der Nähe eines der beiden Muſikchöre ſind, wird das andere immer um einen halben, einen ganzen Takt fehlen, und nur diejenigen, welche gerade in der Mitte zwiſchen beiden ſitzen, hören ein richtiges Zuſammenſtimmen, gewöhnlich aber werfen beide Muſikchöre um. Es iſt nämlich unmöglich, willenlos, wie eine Maſchine, dem Taktſtocke des Dirigenten zu folgen; der Muſiker ſieht zwar, was der Director will, allein ſein Ohr ſagt ihm, jener habe Unrecht und er ſei um einen halben oder viertel Takt voraus, denn er hört ja den gegenüberſtehenden Muſiker um $\frac{1}{5}$ Secunde ſpäter als er den Taktſtock aufſchlagen ſieht, er will den Muſikdirector verbeſſern und ſeine Leiſtung mit jener im Einklang bringen, daraus wird denn auch für die meiſten Zuhörer eine ſolche Disharmonie, daß ſie davon laufen möchten.

Die Wirkung dieſer Verzögerung des Schalles durch das Medium zeigt ſich ſehr deutlich an einem in Sectionen marſchirenden Bataillon Soldaten. Die Muſik ſchreitet voran und alle bis auf 500 Schritt im Takte ihr nach.

In welchem Takte? in denjenigen, den ein Jeder hört, allein dies iſt bei 100 Schritt ſchon $\frac{1}{4}$ Secunde, bei 200 Schritt ſchon $\frac{1}{2}$, zwiſchen 200 und 300 beträgt der Unterſchied ſchon ſo viel, daß der Mann um einen vollen Schritt hinter dem an der Spitze marſchirenden Tambour-Major zurück iſt und daß er den linken Fuß niederſetzt, indem der andere bereits mit dem rechten Fuß den zweiten Schritt gemacht, zu einer ganzen Secunde erwächſt der Unterſchied am Ende. Kommt nun aber ein zweites Bataillon hinterher, nachdem das erſte vollſtändig im Marſche iſt, ſo kommt die letzte Compagnie des erſten Bataillons gewiß in die größte Unordnung,

Organ des Sehens ſich ganz allein auf die Geſetze der Strahlenbrechung in verſchiedenen Mitteln ſtützt. Nicht ſo beim Ohr, bei welchem das Bewußtſein eines Tones lediglich durch Aus- und Einbiegen des Trommelfelles in einer gewiſſen Geſchwindigkeit erreicht wird.

Leitung des Schalles.

Viel wichtiger als die Lehre von der Brechung iſt die von der Fortleitung in geſchloſſenen Räumen, wir mögen dieſelbe nun einem fortgeſetzten Reflex im Innern der Röhre oder einer noch unbekannten Urſache zuſchreiben.

In großen Fabrikräumen, in Speiſehäuſern, auf Schiffen werden Röhren zur Fortleitung des Schalles angewendet. Der Wachthabende auf dem Mars empfängt aus der Cajüte des Capitains ſeine Befehle und berichtet ſeine Beobachtungen durch ein Blechrohr von 1 Zoll Durchmeſſer und ein paar 100 Fuß Länge, das von der Cajüte zum Maſtkorbe geht. In Detentionsanſtalten hat man dergleichen Vorrichtungen, ſie erweiſen ſich höchſt nützlich und werden deshalb häufig angewendet, aber ſie unterliegen auch ganz beſtimmten Geſetzen und man muß nicht glauben, daß jeder Klempner ſie machen könne; es giebt beſtimmte Verhältniſſe zwiſchen Länge und Weite, welche gekannt und eingehalten ſein wollen. Ein Rohr von 1 Zoll Weite genügt zur Fortpflanzung auf 150 Fuß, bei doppelter Länge hört man beim Sprechen nur ein verworrenes Geräuſch, nicht aber articulirte Töne. Hier muß die Weite ſchon um die Hälfte vermehrt werden; bei noch größeren Strecken reichen kaum 2 Zoll aus, und würde man Sprachrohre auf meilenweite Entfernungen anwenden wollen, um mündlich zu telegraphiren, ſo würden die Röhren fußweit ſein müſſen. Auch die Wendungen, welche die Leitung macht, ſind nicht gleichgültig, Ecken müſſen durchaus vermieden werden, überall müſſen die Wendungen durch Biegungen hervorgebracht werden.

Das unſichtbare Mädchen.

Solche Röhrenleitungen wurden am Anfange dieſes Jahrhunderts zu einer anmuthigen Spielerei, zu einer Schauſtellung benutzt, welche unter dem Namen „das unſichtbare Mädchen“ wohl noch vielen der älteren unter den Leſern dieſes Buches bekannt ſein dürfte.

Ein elegant gearbeitetes, mitten in einem Saale ſtehendes hölzernes Gitter umſchloß einen viereckigen, ganz leeren Raum. Das Gitter ſtand ſcheinbar ganz frei, drei Ständer des Gitters wurden auch von dem Schau-

ller so geschickt verschoben, daß man übersah, wie der vierte Ständer stehen blieb, worin eben das Geheimniß der ganzen Anlage ruhte.

Auf den vier Hauptpfeilern erhoben sich starke messingne Bogen, welche ch über der Mitte des umgitterten Vierecks vereinigten und an einem oppelten breiten Bande eine blaue Glaskugel trugen, welche vier Trom-eten-Schallstücke hatten, die nach den Seiten des Gittervierecks gerichtet aren.

Die Zuschauer richteten nun allerlei Fragen an das unsichtbare Mäd-hen, welches in der Glaskugel wohnte; die Fragen wurden prompt und mit Geist beantwortet, das Mädchen war durchaus keine gewöhnliche Erscheinung nd es trug sich daher fast in jeder Stadt, wohin die Maschinerie gebracht urde, der Fall zu, daß ein paar phantasiereiche Jünglinge, den höheren lassen des Gymnasiums angehörig, sich in das unsichtbare Mädchen bis um Sterben verliebten.

Das Mädchen aber saß in einem Nebenzimmer vor der Mündung eines Sprachrohrs und vor einer nicht leicht zu entdeckenden Bohröffnung in der Thüre, welche ihr eine ganz vollständige Ansicht des aufgestellten Apparates nd der denselben umstehenden Personen gewährte. Demnächst waren zwischen hr und dem Schausteller gewisse Zeichen verabredet, nach denen die Unsicht-are ihre Antworten einzurichten hatte.

Das Sprechrohr, d. h. die den Schall unverstärkt fortleitende Röhre, ing von dem verborgenen Sitz des Mädchens aus, unter dem Fußboden is nach dem Pfeiler des Gitters, welcher bei der Production unverrückt lieb. Dieser Pfeiler war hohl, eben so eine der oberen Querleisten bis ur Mitte, gegenüber einem der Schallstücke. Hier öffnete sich das Rohr ollkommen frei und der Schall, im Nebenzimmer erregt, ging durch die öhrenleitung bis dahin, wo er der Mündung der Trompete gegenüber sich i diese ergoß und durch Vermittelung der Kugel wieder aus den Trompeten-challstücken zu kommen schien.

Dies war des Pudels Kern. Von Paris bis Petersburg hatte das ustische Wunder das größte Aufsehen erregt und selbst die meisten Physiker aren ungewiß, welchen Zusammenhang die Kugel mit dem sprechenden ädchen habe, besonders nachdem der Künstler schlau genug gewesen, den pparat vollständig beweglich zu machen, so daß alle vier Ständer auf rmeslänge im Zimmer umher geschoben werden konnten, was dadurch öglich gemacht wurde, daß der Vermittler zwischen seiner Gehülfin und m akustischen Instrument geschickt genug auf die Oeffnung im Fußboden at, welche den einen Ständer des Gitters in eine Fortsetzung des Schall-hres verwandelte. Nach diesem täuschenden Verschieben nahm das Instru-

ment auch jede beliebige schiefe Stellung ein, nur der eine Ständer kam genau dahin zu stehen, wo der Fuß des Künstlers gestanden hatte.

Das Geheimniß wurde durch einen Gastwirth verrathen, mit welchem der Künstler über die Wiederherstellung einer durchbrochenen Mauer in Streit gerieth. Die Durchbrechung war natürlich heimlich und ohne Erlaubniß des Wirthes bei Nacht von dem Mechaniker selbst unternommen und sollte eben so geheimnißvoll reparirt werden. Der, wenn schon übertünchte, doch frische, sichtbare Fleck in der Mauer zeigte, was geschehen, die Polizei nahm Kenntniß von der Sache und es verbreitete sich das Gerücht von dem entschleierten Geheimniß mit Windeseile über Deutschland und bald auch über die angrenzenden Dörfer; wo der Künstler hinkam, trat man ihm mit seinem entschleierten Geheimniß, mit der ganz richtigen Erklärung seiner Maschinerie entgegen; das Interesse war verloren und er dankte dem Himmel, als er den ganzen Apparat noch zu einem leidlichen Preise an das physikalische Cabinet der Universität Breslau verkaufen konnte, woselbst er sich denn auch noch befindet.

Adhäsion des Schalles.

Die Lehre von der Fortpflanzung des Schalles noch mehr verwirrend, unsicher machend, ist der Umstand, daß es nicht einmal einer geschlossenen Röhre bedarf, um den Schall fortzuleiten; eine Dachrinne, auf der oberen Seite ganz offen, thut es schon, ja zwei schräg an einander gestellte Bretter, welche also auch eine Art Rinne bilden, genügen zur Fortleitung des Schalles auf 50 und mehr Fuß; dies findet man am prachtvollsten in dem sechsseitigen Saale der Pariser Sternwarte. Die einspringenden Winkel der Wände setzen sich an der Decke in einer Hohlkehle so fort, daß zwei einander gegenüber liegende vermöge dieser Hohlkehlen vollständig in einander übergehen.

Zwei Personen so gestellt, daß sie durch eine Diagonale des Saales von einander getrennt sind, hören sich gegenseitig, auch wenn sie ganz leise flüstern, natürlich muß der Mund des Einen und das Ohr des Andern in möglichster Nähe zu dem Winkel stehen, welcher den Schall fortleitet.

Hier ist das Räthselhafte die gerade Erstreckung der Wände; bei einer kreisförmigen Linie giebt es eine Construction, vermöge deren man nachweisen kann, daß der Schall durch Reflex von einem Bogen zum andern so gehen müsse, daß er endlich den ganzen Kreis durchläuft und so zu sagen in sich selbst zurückkehrt; dies war den Mathematikern sehr willkommen zur Erklärung der Reflexions-Phänomene, allein bei einer geraden Linie verläßt

se Darstellung gänzlich. Der einmal von einer geraden Wand zurück-
e Schall (und wäre er unter einem höchst spitzen Winkel gegen die-
gerichtet gewesen) läßt sich durch keine Demonstration wieder zu der
zurückführen, so wenig wie man im Stande ist, einem Ball weiß zu
, er, der unter einem Winkel von 45 Graden gegen eine Wand ge-
und davon zurückgeschleudert worden ist, müsse nun wieder und
als dieselbe Wand berühren.

Vielleicht ist es mit dem Schallstrahl in dieser Hinsicht wie mit dem
rstrahl, welcher auch den Gesetzen des Stoßes elastischer Körper durchaus
folgt, und wenn er z. B. unter einem spitzen Winkel auf eine Wand
nicht jenseits des Berührungspunktes unter demselben Winkel von der
abspringt, sondern statt dessen längs der Wand hinschießt, in steter
rung mit ihr bleibend. Es ist hierbei ohne Zweifel die Adhäsion,
haften zweier glatter Flächen an einander, das Benetzen, das Anhängen
Wassertropfens an den Eimer zu betrachten, und die Luft adhärirt an
Körpern so sehr, daß es große Schwierigkeiten macht, sie davon zu
nen. Sehr möglich, daß diese bisher noch nicht betrachtete Adhäsion
upturſache aller der Gesetzwidrigkeiten ist, welche dem Physiker bei der
vom Schall begegnen. Gesetzwidrigkeiten sind es alsdann auch gar
denn dergleichen kommen wohl unter Menschen, aber nicht unter den
kräften vor, es sind die Gesetze nur noch nicht erkannt, nach denen
geschieht.

Merkwürdige Beispiele solcher Adhäsion.

In die Reihe solcher baulichen Merkwürdigkeiten gehört der große vier-
Saal am Fuße der großen Treppe des Conservatoire des Arts et
rs, welcher gewölbt ist und dessen je zwei diagonal entgegengesetzte
ganz dieselbe Eigenschaft haben, wie der obengenannte sechsseitige
des Observatoriums; die Kirche von Gloceſter zeigt in ihrer Kuppel
e Schallleitung, wie die Kuppel von St. Paul in London.

Auch von dem Ohr des Dionys zu Syracus erzählte man im Alter-
dasselbe. Es sollte dieser mißtrauische Mann in den Steinbrüchen
iner Hauptstadt eine Höhle haben ausmeißeln lassen, in deren oberster
gener Abtheilung er die leisesten geflüsterten Klagen der unten Einge-
n habe belauschen können. Noch gegenwärtig zeigt man daselbst eine
, welche den Namen des Dionys führt, von der akustischen Merk-
keit ist dabei aber keine Rede mehr, der Cicerone versichert, der
ich wirksame Apparat sei zusammengestürzt.

Wie ſehr im Argen noch unſere Kenntniß der Geſetze der Akuſtik liegt, kann man daraus erkennen, daß es nicht möglich iſt, Bauten nach Geſetzen der Akuſtik auszuführen. Wer würde wohl ein Theater bauen, in welchem man den Souffleur beſſer verſteht als die Schauſpieler, oder in welchem man die Sänger nur hört, wenn ſie ſo nahe an den Lampen ſtehen, daß man glaubt, ſie müßten ſich die Kleider verbrennen.

Im Theater della Scala in Mailand iſt ein Concertſaal von elliptiſcher Form, der ſo außerordentlich ſchön für den Klang der Stimme gebaut iſt, daß alle Sänger, welche darin ſingen, entzückt ſind von der Wirkung ihrer Stimme. Als Friedrich der Große das Opernhaus zu Berlin erbauen ließ, befahl er, dieſen Saal nachzubilden, und er wurde in dem vorderſten Theile des neuen Prachtbaues ſo genau copirt, daß er auf Zoll und Linie jenem in Mailand gleich war; allein der Erfolg war nicht der erwartete, der Berliner Saal hat nie zu Concerten gebraucht werden können, die Künſtler haben das dreimal größere Theater dieſem geſchloſſenen Saale vorgezogen, weil es ihnen leichter wurde, dieſes auszufüllen als den Saal.

Fortpflanzung des Schalles durch Waſſer.

Es drängt ſich einem jeden Taucher, jedem Badenden, der den Kopf unter Waſſer hält, die Bemerkung auf, daß er höre, obſchon beide Ohren durch Waſſer luftdicht verſchloſſen ſind.

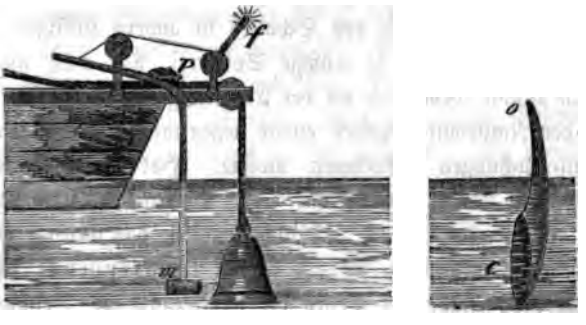
Dies allein hätte den Zweifel über die Elaſticität des Waſſers heben können. Jetzt allerdings iſt man ſo weit, dieſelbe durch Experimente nachweiſen zu können, aber auch die Schallleitung des Waſſers iſt durch Experimente erwieſen, wenn nicht ſchon dieſes Beweis genug geweſen wäre, daß alle Fiſche und ſonſtige im Waſſer lebende Wirbelthiere deutlich ausgebildete Gehörorgane haben, welche unnöthig wären, wenn man im Waſſer nicht hörte; die Natur macht nichts Unnöthiges.

Schon Franklin machte Verſuche über die Fortleitung des Schalles unter Waſſer, indem er ein paar Steine innerhalb deſſelben zuſammenſchlagen ließ und nun beobachtete, ob und wie weit ſich der Schall fortpflanze. Genauere Verſuche ſtellte Wünſch in Frankfurt a. O. im Jahre 1788 an (damals eine Univerſität), die großartigſten Verſuche wurden aber im Genferſee durch Sturm und Colladon auf folgende Weiſe gemacht:

Der größte Theil der Fig. 262 auf der folgenden Seite ſtellt das Ende eines Bootes dar, an welchem eine metallene Glocke hängt, die ſich etwa 4 oder 5 Fuß unter Waſſer befindet. *m* iſt ein Hammer, mittelſt deſſen die Glocke angeſchlagen werden kann, welches durch den Hebel *x*

ſchieht. Dieſer Hebel aber ſetzt mittelſt einer Schnur, welche über eine olle läuft, eine brennende Stopine *f* in Bewegung, welche, ſo lange der

Fig. 262.



hammer *m* in ſchräger Lage weit von der Glocke abſteht, nahezu horizontal inter einem Schirm verborgen liegt, in dem Augenblick aber, wo der Hebel n Hammer zum Anſchlag in Bewegung ſetzt, durch denſelben Mechanismus hoben wird und bei dem Anſchlag an die Glocke über dem Schirm ſicht- r ſteht.

Der zweite Theil der Figur befindet ſich meilenweit von dem erſten. in Beobachter hält eine Tertienuhr gehemmt in ſeiner Hand, mit dem aumennagel auf der Hemmung, um dieſelbe unmittelbar nach Erblickung s Feuerzeichens löſen zu können. Derſelbe hat ſein Auge auf das ferne oot mit der Glocke gerichtet, deſſen Standpunkt er an dem matten Schimmer r Stopine hinter dem Schirm erkennen kann.

Im Waſſer zur Hälfte und zur Hälfte an Bord des Bootes befindet h ein Hörrohr *oc* von Metall, deſſen untere weite Oeffnung mit einer ffen Blaſe ſtraff überſpannt iſt, ſo daß kein Waſſer in das Rohr drin- n kann.

Das Ohr des Beobachters ruht an der Mündung *o* des Hörrohrs; dem Augenblick, wo er den Lichtblitz (das Zeichen, daß nunmehr die locke tönt) erſieht, löſt er die Hemmung der Uhr, und in dem Augenblick, er den Ton hört, läßt er dieſelbe wieder einſpringen; nun hat er den itraum auf ſeiner Uhr feſtſtehend, welcher gebraucht worden iſt, von dem genblick des Anſchlagens der Glocke bis zu dem des Anſchlagens des tgepflanzten Tones an ſein Ohr.

Es haben die hier angeführten vielfach wiederholten Verſuche dargethan, ß das Waſſer nicht nur den Schall leitet, ſondern daß es ihn 4½ Mal ſchneller und beſſer leitet als die Luft.

Untersuchungen über andere Flüssigkeiten.

Oersted hat es versucht, durch Experimente und durch Rechnu Fortpflanzungs-Geschwindigkeit des Schalles in andern flüssigen Subst zu ermitteln. Dies ist eine so müßige Spielerei, daß man nur erst muß, wie ein Mann, dem doch an der Erhaltung seines zufällig erwo Ruhmes in den Naturwissenschaften etwas liegen mußte, dergleichen zu führende Untersuchungen aufnehmen mochte. Hat er nicht Röhren 12—15,000 Fuß Länge, welche mit Oel, Spiritus u. s. w. gefüllt so läßt sich ein directer Versuch gar nicht machen, das Mittel, welches bei festen Körpern anwendet, sie als Stäbe longitudinal schwing lassen und aus der Höhe des Tones die Fortpflanzungs-Geschwindigk berechnen, läßt sich bei Flüssigkeiten nicht anwenden, weil man dieselben in Stäbe formen, und wenn sie in stabförmigen Gefäßen enthalten sin Röhren) sie nicht isolirt zum Tönen bringen kann.

Hauptsächlich aber ist die ganze Untersuchung nutzlos; zu wissen schnell die Luft oder das Wasser den Schall fortpflanze, ist von g Wichtigkeit, weil diese beiden Medien die Erde in ungeheuren Masse decken; zu wissen, wie schnell der Schall sich in Weingeist, Rüböl Schwefelsäure fortpflanzt, ist höchst gleichgültig, weil es nirgends 2 von Spiritus oder Brennöl giebt, bei denen man die Schallleitung be könnte. Nur das Practische hat Werth.

Fortpflanzung des Schalles in festen Körpern.

Die Versuche hierüber sind von Chladni angestellt und zu Resultat von seltener Schärfe gediehen. Das zuerst im Großen Du führte möge als ein Curiosum hier stehen, jedoch nicht als etwas, irgend wie Werth für die Wissenschaft hätte.

Dr. Wünsch nahm auch diese Versuche zu Frankfurt a. O. im 1788 auf. Er fügte 36 Latten von 24 Fuß Länge mittelst Zapfe sammen, gab denselben einen rechten Winkel in der Mitte und erhi ein Dreieck, dessen beide hölzerne Katheten 864 Fuß maßen, indeß die potenuse 620 Fuß lang war. Die Hypotenuse war nicht geschlossen, es handelte sich um den Vergleich, in welchem Körper der Schall geschw gehe, ob in der Luft oder im Holze. Wünsch erzählt nun, das Oh dem einen Ende der Latten habe einen Schlag, der am andern Ende m eines Hammers darauf geführt wurde, augenblicklich vernommen, inde

Schall, durch die viel kürzere Hypotenuse in der Luft gehend, ½ Secunde später ankam.

Hieraus glaubte Wünsch schließen zu können, daß der Schall im Holze die Schnelligkeit des Lichtes habe. Der wackere Gehler macht hierzu die sehr vernünftige Bemerkung: der Schall gehe demnach durch feste elastische Körper bei weitem schneller als durch die Luft, aber hieraus schließen zu wollen, er ginge so schnell wie das Licht, dazu sind die Distanzen viel zu kurz und die Versuche viel zu roh. Man setze seine Geschwindigkeit im Holze nur 100 Mal so groß als in der Luft (er hätte dreist das richtige Verhältniß 18 Mal so schnell annehmen dürfen, sein Exempel hätte auch noch gepaßt), so wird er, um durch die 864 Fuß lange Stange zu laufen, nur vier Zehntheile einer Tertie brauchen, eine Zeit, welche durch keines Menschen Sinn bemerkt werden kann, sie ist zu kurz, um aufgefaßt oder unterschieden zu werden; was also durch einen solchen Zwischenraum von Zeit (kleiner als der 120ste Theil einer Secunde) von einander geschieden ist, wird als gleichzeitig angesehen werden. Aber die Geschwindigkeit, mit welcher in diesem Falle der Schall ginge, ist doch nun noch beinahe 10,000 Mal geringer als die des Lichtes.

Chladni's Methode.

Eine so unbequeme und unpractische Methode schlug nun Chladni keineswegs ein. Er verglich die Höhe der Töne, welche verschiedene feste Substanzen geben, mit der Höhe einer Orgelpfeife von derselben Länge. Gesetzt die Länge der Pfeife sei 3 Fuß gewesen und er habe von verschiedenen Körpern gleich lange Stäbe gehabt, diese seien in der Mitte festgehalten und durch Reiben in Longitudinalschwingungen gesetzt, wie die offene Orgelpfeife durch das Anblasen, so läßt sich durch die Höhe des Tones, welche diese Stäbe angeben, sehr genau die Schwingungsanzahl ermitteln, wenn man nur die des Tones der Orgelpfeife kennt. Gesetzt diese Schwingungsanzahl wäre 400, der gleich lange Silberstab aber gäbe einen Ton, welcher der dritten höheren Octave einer Orgelpfeife entspräche, so würde man mit vollkommener Sicherheit schließen können, dieser Stab mache 8 Mal so viel Schwingungen in einer Secunde als die Luft in der Pfeife. Wäre es aber ein Stab von Tannenholz und er gäbe gar die vierte höhere Octave, wie die gleich lange Luftsäule der Orgelpfeife, so würde man mit Recht sagen, der Holzstab schwingt 18 Mal so schnell als der Luftstab (d. h. die Luftsäule in der gleich langen Orgelpfeife).

Dies ist nun aber das Maaß der Elasticität. Je schneller ein Körper

Schwingungen macht, desto elastischer ist derselbe und zwar genau in dem Verhältniß der Schwingungszahlen.

Es hat dies zu sehr unerwarteten Resultaten geführt. Man wird glauben, daß unter den festen Körpern nichtmetallischer Art Fischbein einer der allerelastischsten wäre, er ist es nicht, er ist es beinahe am wenigsten, er ist 6⅔ Mal so elastisch als die Luft, schon Nußbaum, Taxus, Eiche und Pflaumenbaumholz ist viel elastischer, nämlich 10½ bis 10⅔ Mal, Birnbaum, Rothbuchen und Ahornholz sind 12 Mal, Akazien, Acajon, Ebenholz, Hagebuchen-, Erlen-, Ulmen- und Birkenholz sind 14 Mal, Linden- und Kirschbaumholz 15 Mal, Weiden- und Pintenholz 16 Mal, Tannenholz 18 Mal so elastisch als Luft, machen so viel Mal mehr Vibrationen in gleicher Zeit und bei gleicher Länge als diese, und leiten den Schall so viel Mal schneller.

Die auffallendsten Thatsachen sind, daß so weiche Hölzer, wie Linden- und Weidenholz, eben so elastisch sind als außerordentlich feste, wie Kirschbaum-, Acajon- und Ebenholz; daß Tannenholz unter allen das elastischste ist, allein es hat dies auch nur Beziehung auf die Längsrichtung, quergeschnitten sind die Hölzer bei weitem nicht so elastisch, geben auch wegen mangelnder Homogenität gar keine Töne, geben dem Eindruck nach, ohne ihre frühere Form anzunehmen; sie können also nur in ihrer Längendimension auf Elasticität geprüft werden.

Bei den Metallen stößt man gleichfalls auf viele Sonderbarkeiten; so ist Zinn beträchtlich elastischer als Fischbein, nämlich 7½ Mal so elastisch als Luft, Fischbein nur 6⅔; dagegen ist Silber nur eben so viel elastischer als Zinn; Kupfer aber ist 12 Mal so elastisch als Luft, und Messing, das man jedenfalls für elastischer halten würde als Kupfer, ist es weniger, nämlich nur 10 Mal; der Thon der irdenen Pfeifenröhren, wenn sie gebrannt sind, ist so elastisch wie das Messing; Glas aber ist 16 Mal so elastisch als Luft und gerade so auch Eisen und Stahl.

Diese Versuche haben große practische Wichtigkeit. Es wird Niemand ein musikalisches Instrument aus Tannenstäben zusammensetzen, als etwa ein Russe Gusikoff, oder ein Südseeinsulaner die sogenannte Strohfiddel (Holzgelächter, Stroh- und Holzinstrument, welches von den Neuseeländern und den Böhmen oder Nordasiaten in vollkommen gleicher Weise gemacht wird), aber welcher Balken am besten trägt, der von Tannen- oder der von Nußbaumholz, der von Pinien- und Lerchen- oder der von Rothbuchenholz, ergiebt sich hieraus, eben so, warum man den Resonanzboden aller Saiteninstrumente von Tannen- und ihre Körper von Ahornholz macht.

Schwingungszahlen. Scheibler's Methode.

Um zu ſolchen Reſultaten zu gelangen, muß man übrigens die Schwingszahl der Orgelpfeife kennen. Wir haben bereits oben geſehen, daß n dies auf vollkommen directe Weiſe bewerkſtelligen könne, indem man ach die Schwingungen zählt; dies iſt durch die Sirene möglich, von cher wir bereits geſprochen. Dem in der Lehre vom Klange hoch beanten Seidenfabrikanten Scheibler iſt es aber gelungen, eine Methode erſinnen und auszuführen, mittelſt deren man vollſtändig genau zählen n, Schwingung für Schwingung, wie viele derſelben ein Ton macht. e Methode iſt umſtändlich, aber ſehr genau und ſehr belehrend.

Man verfertigt ſich Stimmgabeln, welche ſich eine von der anderen, e zweite von der dritten, dieſe von der vierten um ein gewiſſes, wenn on geringes Maß unterſcheiden.

Wenn zwei Saiten eines und deſſelben Tones auf dem Clavier nicht llſtändig im Einklange ſind, ſo wird man den Ton anſchwellen und ſinken, eder anſchwellen und ſinken hören, es geſchieht dies um ſo ſchneller, je niger die beiden Saiten zuſammen ſtimmen. Man nennt dieſes „Schläge er Battements".

Hören die Schläge immer ſchneller werdend auf, ſo tritt eine Vermmung ein, hören ſie immer langſamer werdend auf, ſo tritt leichheit der beiden Töne, Verbindung derſelben zu einem Ton ein, n ſoll das Piano geſtimmt ſein.

Läßt man ſich Stimmgabeln machen, wovon eine einen beſtimmten Ton ng rein angiebt, und man ſchleift und feilt an der nächſten ſo lange, bis in einer Secunde vier Schläge mit derſelben macht, tiefer werdend, dann gt der Ton faſt ganz ſo als der Grundton, er macht aber doch vier brationen weniger im Laufe einer Secunde. Zu der zweiten Stimmgabel cht man ſich eine dritte, welche gleichfalls vier Schwingungen weniger cht, d. h. welche nur äußerſt wenig, um ein beinahe unhörbares, wohl r noch zählbares verſchieden iſt von der zweiten; man macht ſich nun e vierte, welche von dieſer dritten wieder ſo verſchieden iſt, wie die dritte der zweiten ꝛc.

Es kommt dabei auch gar nicht darauf an, daß es gerade vier Schläge , es können auch drei, fünf oder ſechs ſein, wenn es nur ganz genau s in einer Secunde ſind, ein Bruchtheil darf dabei nicht vorkommen, „beinahe" muß ausgeſchloſſen bleiben, es muß Alles genau ſein.

Man wird nach und nach zu einer ganzen Reihe von Stimmgabeln

gelangen, bei welcher eine jede von der nächſten nur äußerſt wenig, bei
denn doch aber die letzte von der erſten ſchließlich um eine ganze Oct
verſchieden ſein wird.

Bis dahin will man kommen, eine ganze Octave und zwar höchſt ge
eine ganze Octave will man haben, eben ſo wie die einzelnen Schläge, welche
Stimmgabel von der andern unterſcheiden, auch ganz genau in der Secu
auskommen müſſen, und die Zahl nicht überſchreiten dürfen, welche man n
ſehr beſtimmt in Zeit einer Secunde laut zählen kann, ſo daß wohl ſ
als die äußerſte Grenze anzuſehen ſein dürfte. Zu dieſen Verſuchen beb
man ſich eines Secunden ſchlagenden Pendels und zählt nicht für jede
zelne Secunde die Battements, ſondern etwa ein- für allemal für fünf,
nicht drei und drei und wieder drei, ſondern funfzehn, wobei Beginn
Zählens und Schluß des Zählens mit dem Secundenſchlage eintreten m
in kurzer Zeit übt man ſich auf ſolches Zählen ein. Es muß jedoch n
mals bemerkt werden, daß für jede Secunde immer eine ganze Zahl herá
kommen muß, mit 14 Battements oder mit 16 in 5 Secunden könnte n
nichts anfangen, wohl aber mit 10, 15, 20, 25, denn es handelt ſich
immer darum, die vollen Schläge in einer Secunde zu zählen und
Zeitraum von 5 Secunden wählt man nur, um zu einer größeren Genauig
gelangen zu können.

Reſultat der Unterſuchungen.

Wir ſind endlich mit unſeren Stimmgabeln an der Octave angela
nun zählen wir die einzelnen Schläge jeder Stimmung und die Rechn
wird folgende:

die zweite Stimmgabel machte 4 Schläge gegen die erſte,
= dritte = = 3 = = = zweite,
= vierte = = 5 = = = dritte,
= fünfte = = 4 = = = vierte,
= ſechſte = = 6 = = = fünfte

und ſo weiter fort, bis wir zu der letzten Stimmgabel gelangen, we
wieder irgend eine Anzahl von Schlägen mit der vorletzten macht.

Wir addiren nunmehr die Zahlen der mittelſten von den drei Reil
Wir wollen ganz beliebig annehmen, es ſeien 145 geweſen, ſo würde
uns folgenden mathematiſchen Schluß zu machen berechtigen:

Von dem höheren Ton bis zur nächſten tieferen Octave beſte
145 Vibrationen (ſo viel Mal treffen je zwei verſchiedene Stimmgal
in ihren Reihen von dem angenommenen Ton bis zur erſten tieferen Oc

zusammen). Jede höhere Octave hat doppelt so viele Schwingungen als die nächste tiefere, hat also die Stimmgabel, von der wir ausgingen, um ihren Ton zu halten 145 Schwingungen mehr als die untere Octave, so macht sie überhaupt 290 Schwingungen in der Secunde, denn 145 ist ja genau gezählt die Zahl der Schwingungen, welche sie mehr macht als die untere, sie macht aber doppelt so viel als die untere und 290 ist doppelt so viel als 145.

Auf diese Weise hat Scheibler wirklich die Schwingungen gezählt und es stimmt seine Zählweise ganz genau mit den Zahlen der Sirene zusammen. Auf diese Weise ist es auch möglich, Instrumente (Flügel, Orgeln) zu stimmen, ohne selbst musikalisch zu sein. Man muß nur so viele Stimmgabeln haben, als Töne zu stimmen sind, man hört nämlich nicht, ob der Ton höher oder tiefer ist, sondern zählt die Stöße, und wenn man mit der Stimmung so weit gediehen ist, daß die Stimmgabel mit dem ihr gleich sein sollenden Ton keine Stöße mehr giebt, dann sind beide Töne gleich.

Der Tartini'sche Ton.

Aus dem Zusammentreffen der Battements verschiedener Töne können sogar neue Töne entstehen, hierher gehört der sogenannte Tartini'sche Ton, welcher jedoch 10 Jahre, bevor Tartini darüber schrieb (1754), von Andreas Sorge (1745) entdeckt wurde.

Wenn man nämlich zwei recht reine Stimmgabeln, die um eine Quinte aus einander stehen, gleichzeitig anschlägt, so trifft, da bei diesen Intervallen in allen Octaven und in allen Tonarten die Schwingungszahl der beiden Töne sich wie 2 zu 3 verhält, jederzeit die zweite Schwingung der tieferen Stimmgabel mit der dritten Schwingung der höheren zusammen.

Dies ist auch bei sehr tiefen Tönen viel zu häufig, um gezählt, um als Battement aufgefaßt zu werden, allein neben den 200 Schwingungen der einen und den 300 Schwingungen der andern Stimmgabel hört man noch vermöge des Zusammentreffens von je 2 und 3 eine dritte Reihe von Schwingungen, und zwar genau 100 in derselben Zeit, in welcher die eine Stimmgabel 200, die andere 300 macht.

Diese 100 resultirenden Schwingungen geben denjenigen Ton, den man den Tartini'schen nennt und der, wie aus den Zahlen hervorgeht, immer die tiefere Octave des tieferen der beiden Töne sein muß.

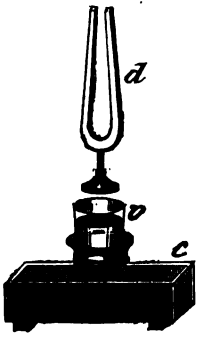
Es versteht sich von selbst, daß es nicht auf die Zahlen 200 und 300, sondern auf das Verhältniß von 2 zu 3 ankommt, also 100 und 150 geben genau dasselbe in einer tieferen Octave, der Tartini'sche Ton wird

dann 50 Schwingungen haben oder der Grundton hat 90 Schwingungen, die Quinte desselben folglich 135. Das Zusammentreffen von 2 des ersten und 3 des andern Tones giebt 45, die Hälfte von 90, d. h. die tiefere Octave dieses Tones.

Daß es nicht Stimmgabeln zu sein brauchen, mit denen dies Experiment gemacht wird, versteht sich von selbst; zwei Mitteltöne eines Flügels, eines Violoncells geben dasselbe, am deutlichsten aber geben es die Orgeln, und Abt Vogler gründete darauf eine Vereinfachung dieses kostbaren Instruments, indem er eine ganz tiefe Octave, d. h. gerade die größten, also kostbarsten Pfeifen weggelassen, und den Ton durch Anschlag der nächsten Octave und ihrer Quinte hervorgebracht wissen wollte, wodurch denn auch geringere Bälge erforderlich gewesen wären, weil die tiefsten Töne den meisten Wind fordern; allein wenn er auch mit solcher Orgel sehr gut fertig wurde, so wollten sich die Organisten im Allgemeinen nicht darin finden und die Vereinfachung unterblieb, wurde wenigstens nicht durchgreifend.

Wir haben bereits davon gesprochen, daß Töne sich durch Flüssigkeiten wie durch feste Körper fortpflanzen, merkwürdig ist aber, daß der Ton sich durch Flüssigkeiten wieder in die Luft in verstärktem Maße senden läßt.

Fig. 263.



Ist *d* eine Stimmgabel und *c* ein hölzerner Kasten, welcher denselben Ton hat wie die Stimmgabel und wie wir deren oben bereits beschrieben haben, so kann man den Ton der Stimmgabel durch die Resonanz des Kastens beträchtlich verstärken, wenn man ein Glas Wasser *v* auf den Kasten setzt und die Stimmgabel (der man zu diesem Behuf einen breiten Fuß von Holz giebt) mit dem Wasser in Berührung bringt. In dem Augenblick, wo dies geschieht, vibrirt (durch das Wasser in Bewegung gesetzt), die Luft in dem Kasten und verstärkt den Ton.

Fortpflanzung der Töne durch feste Körper.

Eben so pflanzen, wie wir aus dem oben Gesagten schon entnehmen können, die festen Körper den Ton fort. Wir haben über die Geschwindigkeit, mit welcher dies geschieht, gesprochen, wir wollen nunmehr noch einige Beispiele, daß und wie es geschieht, hinzufügen.

Das einfachste und Niemandem mehr auffallende Beispiel solcher Fortpflanzung durch die festen Körper ist jedenfalls dies, daß man auf der

Musik im Concertsaale, daß man in seinem Zimmer das Clavier-
lebenhause oder im oberen Stockwerk hört, wenn schon überall
› Fenster verschlossen sind.
der Schall dabei nicht durch Ritzen und Schlüssellöcher kriecht
t, braucht wohl kaum gesagt zu werden.
ußerordentlich empfindlich feste Körper für die Fortpflanzung des
id, geht z. B. daraus hervor, daß, wenn man an einem 70 bis
igen Balken sein Ohr legt und Jemand auf das andere Ende
alkens einen kleinen Körper, ein Schrotkorn, ja nur eine Steck-
läßt, man dies durch die 80 Fuß hindurch deutlich hört, während
rch die Luft nicht auf 10 Fuß hören würde.
zwei Personen ein dünnes hölzernes Stäbchen von beliebiger
den Enden zwischen den Zähnen halten und der Eine spricht
so leise, so hört der Andere genau, was jener gesagt. Der
at dies mit einem Apparat zur Verstärkung des elektrischen
elcher 360 Fuß lang war, versucht und noch vollständig hören
wie er gehört wurde. Der Apparat bestand aus 30 dünnen
täbchen, die mittelst an den Enden befestigter Kugeln so zu-
zt waren, daß sie eine Art viereckiger Spirale bildeten, deren
ite 14 Fuß lang, dann bei jeder einmaligen Windung um einen
wurden. Bei 9 Windungen waren dann die innersten Stäbe
lang.
i Apparat brachte der Verfasser in eine ununterbrochene Linie
hn an Fäden auf. Wenn das eine Ende zwischen die Zähne
und an das andere eine kleine Stimmgabel gehalten wurde, nach-
einen Resonanzboden gehalten, nicht mehr hörbar tönte, so war
bst bei diesen geringen Schwingungen noch deutlich an dem Stabe
Man kann dies Experiment, wie sich der Verfasser überzeugte,
achen, wenn man statt der langen zusammengesetzten Stäbe eine
r einen Bindfaden zwischen die Zähne nimmt und an das andere
ben, den man scharf gespannt hält, eine Stimmgabel bringt.
hierdurch die Töne vollständig und mit großer Energie fort-

›ieser Leitungsfähigkeit fester Körper für den Schall kann sich ein
überzeugen, wenn er an einem eisernen Ladestock, einem silbernen
einer Stimmgabel einen Bindfaden knüpft und das Metall durch
zum Tönen bringt. Das Klirren des angeschlagenen Körpers
wohl hören, einen Ton aber nicht, auch bei der größten Auf-

Nun aber nehme man die beiden Enden des Bindfadens über die Zeigefinger der beiden Hände und stecke die Spitzen der Finger in die Ohren. Wenn nun die Stimmgabel oder der Ladestock angeschlagen wird, so glaubt man den tiefen, sonoren Ton einer prächtigen Kirchenglocke zu hören.

Vortheile für Harthörige.

In dieser Fortleitung des Schalles durch feste Körper liegt ein vortreffliches Mittel für harthörige Leute, sich der Musik, wenigstens des Piano's zugänglich zu machen. Wenn sie ein federkieldickes Stäbchen von Tannenholz an den Resonanzboden desselben stützen und das andere Ende zwischen die Zähne nehmen, so werden sie jeden Ton hören, wenn auch die Harthörigkeit schon einen sehr hohen Grad erlangt hat. Auch gegen das Violoncello oder die Geige gestützt, vermittelt der Stab das Hören für den Gehörkranken, nur läßt sich dies nicht so leicht ausführen als mit dem feststehenden Tasteninstrumente.

Auch die Kopfknochen leiten den Schall zum Ohre und die Zähne eben nur dadurch, daß sie in den Knochen des Kopfes festsitzen. Wenn man eine nicht mehr hörbar schwingende Stimmgabel auf den Hirnschädel drückt, so hört man den Ton noch vollkommen deutlich.

Wie weit sich selbst unter ungünstigen Umständen der Schall durch feste Körper fortpflanzt, kann man daran wahrnehmen, daß die Mineurs in ihren oft tausende von Schritten entfernten Gängen einander arbeiten hören, daß sie auf solche Weise sich aufsuchen, entgegen gehen oder ausweichen, eine Trommel, auf den Minengang gestellt, zeigt die Schwingungen, welche der Erdboden durch die Hacke erhält, deutlich an, indem sie zittert. Man legt auf die obere Fläche ein paar Steinchen und kann dieselben deutlich springen sehen und hören, ja dies ist die Methode, den Mineur aufzufinden. Man geht bei Nacht auf dem Glacis der belagerten Festung mit der Trommel umher und setzt sie bald da, bald dort auf den Erdboden, sobald die Steinchen auf dem Trommelfell deutlich hörbar zittern, befindet man sich in der Nähe des Mineurs. Man geht nun mit der Trommel immer weiter, bis man die Bebung am deutlichsten hört und beim Weiterschreiten dieses Zittern wieder abnimmt, dann hat man den Fleck gefunden, unter welchem der Mineur seine geheimnißvollen und verderblichen Arbeiten treibt, und man erdrückt ihn gewöhnlich durch eine Flattermine, indem man auf den Fleck, wo er vermuthet wird, eine Petarde setzt oder möglichst geräuschlos und ohne Anwendung einer Hacke ein Loch gräbt, in dieses ein Faß Pulver legt und dann durch eine Stopine oder jetzt durch den elektrischen Strom

ündet. Dadurch wird zwar Erde hinaufgeworfen, aber es wird eben so t dieselbe nach unten gedrückt, der Minengang verschüttet und der Mineur runter begraben.

Den Marsch einer Cavalleriecolonne kann man auf 3 bis 4 Meilen ng deutlich hören, wenn man sein Ohr auf den Erdboden drückt, und den anonendonner hat man auf 80 Meilen durch Fortpflanzung durch die rde vernommen. Die Belagerung von Antwerpen ist in den Gruben von xeiburg gehört worden.

Die Fortpflanzung des Schalles durch die Zähne ist benutzt worden, m Taubstumme hören zu machen, wenn die Taubheit nicht von einem meren, organischen Fehler, sondern nur von fehlerhafter Bildung der äußeren Gehörwerkzeuge herrührt. Ein Mann, der sich um den Unterricht der Taubmmen sehr verdient gemacht hat, der Abbé Cot, sprach zu solchen Leuten urch ein gewöhnliches Hörrohr, dessen dünnes Ende sie zwischen den Zähnen festhielten und sie hörten nicht nur, sondern sie waren sogar im Stande, ie articulirten Töne wiederzugeben. Wenn derselbe ihnen eine Spieldose so zwischen die Zähne gab, daß dieselben den oberen und den unteren Rand einer solchen faßten, so zeigte die außerordentliche Freude, die sie kund gaben, daß sie nicht nur hörten, sondern daß sie auch empfänglich waren für die Lieblichkeit der harmonischen Klänge.

Die Anwendung dieser Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper uf den Unterricht der Taubstummen ist übrigens nicht durch Abbé Cot, sondern durch Strauß Dürkheim erfunden und ausgebildet worden.

Weite Erstreckung der Vibrationen.

In welchem Grade stark und mächtig sich Vibrationen durch feste örper fortpflanzen, davon giebt uns Dove in seinem wiederholt angeführten Werke die interessantesten Belege.

Ueber eine lange hölzerne Brücke darf Militair nicht im Tritt marchiren, denn die schwingende Erschütterung wird zuletzt so heftig, daß sie em Gefüge des Ganzen nachtheilig wird. Bei dem Versuch mit der Hängerücke in Wien bestand der Unsinn, durch welchen mehrere hundert Menschen etödtet oder auf das Grausamste verstümmelt wurden, nicht sowohl darin, aß man Menschen als Gewichte verwandte (wiewohl es eine entsetzliche ichtachtung der Menschenleben verräth und allenfalls für Nordamerika, er nicht für einen civilisirten Staat mitten in Europa gepaßt hätte — an schickt eine Reihe schwer beladener Wagen, selbst ohne Bespannung nd Führer, durch lange Seile gezogen, hinüber), sondern darin, daß man

das zu dieser Todesgefahr commandirte Regiment im Tritt über die Brücke marschiren ließ, da denn natürlich die immer wiederholten und immer heftiger werdenden Schwingungen die Ketten zerrissen und die Tragepfeiler stürzen machten.

Die Kunst des Seiltänzers beruht eben so auf dem Einhalten der taktmäßigen Schwingungen des Seiles, wie die Geschicklichkeit des Indianers schnell über eine Hängebrücke zu laufen.

Fährt ein Wagen im gleichmäßigen Trabe durch das Portal des königlichen Schlosses in Berlin, so vibriren die 80 Fuß über dem Pflaster liegenden Fenster der dritten Etage so heftig, daß sie den im Zimmer Sprechenden überschreien.

„In meiner Kindheit habe ich (Dove) oft einen hohen Thurm bestiegen, in welchem das Zimmer des Thürmers sich in einer höheren Etage als der Glockenstuhl befand. Die Wände dieses Zimmers waren mit Bildern verziert, welche in regelmäßigen Schwingungen das Geläute der Glocken begleiteten. Mein Erstaunen über diese Erscheinung verschwand, als mir später die Erfahrung bekannt wurde, welche man im vorigen Jahrhundert in England machte."

Ellicot's Experiment.

Der Uhrmacher Ellicot erzählt in den Phil. Trans. von 1741, daß er an der Wand seines Zimmers zwei gleich große Pendeluhren aufgehängt habe, von denen die eine ging, die andere aber stand. Zu seiner Verwunderung fing nach Verlauf einiger Stunden die andere Uhr an zu gehen, ohne daß man sie angestoßen hätte. Ellicot hielt die eine Uhr an und beobachtete nun sorgfältig den Vorgang der Mittheilung der Bewegung; bald bemerkte er eine ganz leichte Schwingung des Pendels, die stärker und immer stärker wurde, bis abermals nach zwei Stunden die Pendelbewegungen stark genug geworden, um eine Auslösung des Echappements zu bewirken, worauf das Gewicht dann die nun einmal in Gang befindliche Uhr weiter trieb.

Das gleichförmige Schwingen des einen Pendels hatte die Mauer des Zimmers (und da dieses sich nicht ohne die andern damit verbundenen Theile bewegen kann, das ganze Haus) in kleine Bewegungen versetzt, die sich in gleichem Maße addirend das frei herabhängende Pendel der andern Uhr in immer größeren Schwingungen versetzten und endlich veranlaßten, daß die Uhr in Gang kam. Es hätte ein Erdbeben das Haus erschüttern müssen,

um dieſen Erfolg auf einmal zu erzielen, mit dieſen kleinen, bei jedem andern Werkzeuge unmeßbaren Bewegungen gelang es.

Wer einmal die Uhren betrachtet hat, welche, einem Uhrmacher zur Reparatur übergeben, gewöhnlich als Aushängeſchild vor den Fenſtern zu ſehen ſind, wird bemerken, daß die meiſten derſelben in tüchtiger Bewegung ſind. Die kleine Unruhe, welche nicht den 2000ſten Theil des ganzen Werkes wiegt, hat durch ihre Schwingungen die Uhr in ſolche Bewegung geſetzt, daß dieſelbe pendulirt, als ob ſie mit Abſicht dazu gebracht wäre, indeß im Gegentheil der Uhrmacher dies zu hindern ſucht, da die Uhr durch ſolche Schwingungen zu ſchnell geht.

Das nähere Studium dieſes intereſſanten Falles nimmt demſelben allerdings viel von ſeinem Wunderbaren, denn die Uhren haben nicht an einem Nagel in der Mauer gehangen, ſondern an einer Leiſte, welche zur Aufnahme der Uhren beſtimmt, mehrere Knaggen oder Haken hatten, und welche durch einige ſtarke Nägel in der Mauer befeſtigt war. Wenn nun eine Uhr durch ihre Pendelbewegung eine andere in Thätigkeit ſetzen ſollte, ſo brauchte ſie wenigſtens nicht die ganze Zimmerwand zum Vibriren zu bringen, obſchon nicht viel Unterſchied in dem Verhältniſſe zwiſchen einer Wanduhr und einer Mauer einerſeits und einer Droſchke und dem Berliner Königsſchloſſe andererſeits ſein dürfte, und dieſe letztere ſetzt doch wirklich das Schloß in zitternde Bewegung.

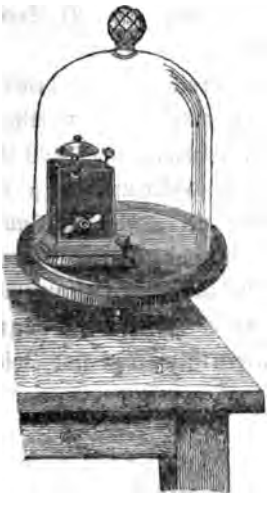
Hier aber ſcheint eine Uebertragung der Schwingungen nur durch Vermittelung der elaſtiſchen Holzleiſte entſtanden zu ſein. Die eine Uhr brachte den Pendel der andern in Schwingung, bis die Räder zu wirken begannen, umgekehrt war dies nicht der Fall, die zweite Uhr ſetzte zwar auch den Pendel der erſten in Schwingung, jedoch nicht bis dahin, daß die Uhr gegangen, daß die Aushebung der Hemmung erfolgt wäre. Ellicot ſchreibt dies der Verſchiedenheit der Pendel zu, machte aber nun Verſuche über das Verhalten derſelben. Die Uhren gingen etwas verſchieden, die eine derſelben ging binnen 24 Stunden 1 Minute und 36 Secunden geſchwinder als die andre; wenn ſie beide im Gange waren, ſo trat der merkwürdige Fall ein, daß immer abwechſelnd der eine Pendel große und gleichzeitig der andre kleine Schwingungen machte, daß ſie ſich nun immer mehr näherten, gleiche Schwingungen machten und hierauf ihre Bewegung vertauſchten, ſo daß der vorhin weiter ſchwingende Pendel langſamer ging, dagegen derjenige, der vorhin die kleineren Schwingungen machte, nun weiter ausſchritt.

Schlechte Schallleiter.

So gut feste Körper die vibrirende Bewegung des Schalles wie jede andere immer wiederkehrende leiten, übertragen, so wenig leiten lockere und nicht homogene Körper dieselben. Wir haben bereits von der Beschaffenheit der Luft gesprochen, welche die Schallleitung hindert und haben sie in einer Mengung mit fremden Stoffen gefunden (mit Regentropfen, mit Schneeflocken); es giebt aber Körper, welche den Schall noch viel schlechter leiten als so beladene Luft. Wenn man z. B. ein Uhrwerk, das eine Glocke fortwährend in klingende Bewegung setzt, auf einen Haufen Kleie, Mehl oder Sägespähne setzt, mit einer Glasglocke überdeckt und diese nun ganz mit derselben Substanz beschüttet, so wird der Schall so vollkommen erstickt, daß man nichts mehr davon hört. Fest dürfen allerdings selbst diese Substanzen, Asche und dergleichen nicht gestampft werden, sonst beginnen sie wieder den Schall zu leiten.

Auch der luftleere Raum leitet den Schall nicht, wie sich eigentlich von selbst versteht, denn nichts kann auch nichts leisten, folglich auch nicht den Schall leiten. Doch wird auch jetzt noch besonders auf Gymnasien beim Unterrichte in der Physik sehr häufig ein Experiment gemacht, um zu beweisen, daß der Schall durch den luftleeren Raum nicht geleitet werde, aber dies Experiment mißlingt gewöhnlich, weil der Lehrer die Schallleitung durch feste Körper nicht berücksichtigt.

Fig. 264.



In Fig. 264 sieht man den Teller und die Glocke einer Luftpumpe. Unter der Glocke befindet sich ein Uhrwerk, welches aufgezogen ist und dessen Glöckchen durch den Hammer fortwährend tönt.

Steht dieses Uhrwerk nun auf dem Teller der Luftpumpe, so wird, und wenn die Luftpumpe noch so wirksam und die Luft bis auf ein Geringstes unter der Glocke weggenommen ist, das Tönen des Glöckleins doch gehört werden, und die Entschuldigungen über das Mißlingen des Experimentes sind mitunter drollig genug; wenn aber das Uhrwerk *nicht* auf dem Teller selbst, sondern auf einem locker gepolsterten Daunenkissen

er auf einem Sack mit Kleie steht, so wird bei hinlänglicher Verdünnung r Luft kein Ton vernommen werden.

Hawksbee's Versuche.

Man hat gegen das Experiment überhaupt einige scharfsinnig schei- nde, doch ganz ungerechtfertigte Einwendungen gemacht, welche ganz leicht eitigt werden. Es sollte im luftleeren Raume gar kein Ton entstehen, glich auch keiner fortgeleitet werden können. Dies ist allerdings wahr, r auch unwahr; in einer Orgelpfeife kann im luftleeren Raum kein Ton stehen, weil da nicht die Pfeife, sondern die in ihr eingeschlossene Luft- ule der klingende Körper ist, bei der Glocke von Metall oder Glas ist r dieses Metall oder Glas der klingende Körper und wird er in geeigneter eise angeschlagen, so wird auch der Ton entstehen, wie wir gerade daran en, daß das Experiment mit dem Uhrwerk im luftleeren Raum nicht ge- gt, wenn das Uhrwerk auf dem Teller der Luftpumpe steht, denn hier die Luft nicht der schallgebende, sondern nur der schall*leitende* Körper d da feste Körper den Schall auch fortpflanzen, so hindert die Abwesenheit Luft die Erzeugung des Tones keineswegs.

Um jedoch dem Einwande auch durch Versuche zu begegnen, hat awksbee die Sache folgendermaßen eingerichtet. Er stellte das Uhrwerk f ein Kissen unter einer Glocke, in welcher die Luft belassen wurde, und erzeugte sich, daß man jetzt die Töne hörte, welche das gehende Uhrwerk b. Nun ward dieser Apparat unter den Recipienten einer Luftpumpe bracht und aus diesem die Luft gezogen. Es befand sich das Uhrwerk o im *lufterfüllten* Raum und war äußerlich von einem luftleeren aum umgeben. Hier entstand der Klang wirklich, er drang aber nicht rch den luftleeren Raum, wie es denn auch nicht anders sein kann, da le Bedingungen zur *Fortpflanzung* des Schalles fehlen.

Eins nur begreift der Verfasser nicht an diesem sehr geistreich ausge- chten Versuche und darum hält er ihn für einen ausge*dachten*, nicht *ausgeführten* Versuch.

Wenn man unter der äußersten Glocke die Luft herauszog, so fehlte r inneren der Widerstand gegen den Druck von innen, woselbst die Luft ihrer vollständigen Spannung auf das Glas wirkte, ohne daß die Eigen- aften des Gewölbes ihr (der Glasmasse) zu Hülfe kamen. Von außen h innen gedrückt, widersteht auch eine sehr dünne Glocke dem Drucke der it; von innen nach außen gedrückt, werden ihre Theile sehr bald getrennt t. Es wäre denn, Hawksbee hätte einen so schwerfälligen Apparat

angewendet, wie man ihn zu Verſuchen über die Compreſſion der Luft anzuwenden pflegt und dieſen nun unter den Recipienten der Entleerungspumpe gebracht.

Reſonanz.

Das Mittönen anderer Körper beruht auf den mitgetheilten Schwingungen, welche von dem tönenden Körper ausgehen.

Gewöhnlich findet eine feſte Verbindung zwiſchen dem klingenden und dem reſonirenden Körper ſtatt, die Saite ruht auf einem Stege und dieſer ſteht auf dem Reſonanzboden feſt, allein es iſt dies keineswegs eine Bedingung, wie man an der Glasharmonika ſieht, welche jetzt als Spielerei für 10 Silbergroſchen auf jedem Jahrmarkt zu haben iſt.

Dieſes Inſtrument (nicht zu verwechſeln mit dem Franklin'ſchen) beſteht aus abgeſtimmten Klangſtäben von Glas, welche mit einem Klöppel aus elaſtiſchem Gummi oder aus Kork angeſchlagen werden; ſie ſchweben in einem leichten Käſtchen an zwei Schnüren und haben ganz die Anordnung der Strohfiddel, geben aber wundervolle Glockentöne. Das Inſtrument iſt oben ganz offen und der liebliche Klang mäßig ſtark, wenn man aber zwei ſchmale dünne Brettchen von Tannenholz über die ganze Länge des Kaſtens deckt, ſo daß nur die Mittellinie zwei Finger breit frei bleibt, damit die Glasſtäbchen angeſchlagen werden können, ſo glaubt man ein ganz anderes Inſtrument zu hören. Es ſcheint, als ob der Erfolg dieſer Bedeckung eine Schwächung des Tones ſein müßte, ſtatt deſſen wird derſelbe ſo bedeutend verſtärkt, daß man zweifelhaft iſt, ob es noch daſſelbe Werkzeug ſei, bis man ſich durch Hinwegnahme der Brettchen davon überzeugt, daß es ſelbſt keine Veränderung erlitten und daß es nur die Verſtärkung durch das Mittönen des Holzes war. Nicht daß dieſes ſelbſt einen ſo lieblichen Klang gäbe, allein es verſtärkt die Vibration der Luft, welche durch die Glasſtäbe, durch die Saiten erregt ſind, indem es ſelbſt mitzittert und größere Maſſen der Luft in Mitſchwingung ſetzt und daß dieſe Luft mittönt, davon haben wir S. 55 ein ſehr einleuchtendes Beiſpiel gegeben; und daß wieder ein Körper den andern in Schwingung verſetzt, dies hat Savart auf eine ſehr ingeniöſe Weiſe gezeigt.

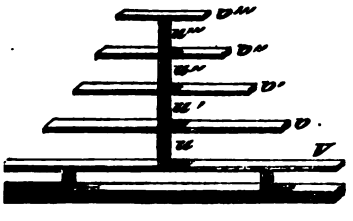
Wir hätten anführen können, daß man einen 80 Fuß langen Balken dadurch vibriren machen kann, daß man einen eiſernen Ladeſtock in das eine Ende deſſelben einſchraubt und dieſen auf die gewöhnliche Weiſe durch Reibung mit einem naſſen Lappen, der mit Colophon beſtreut iſt, in Longi-

inalschwingungen setzt, allein wir würden alsdann nicht haben auf die ne zurückgehen können und dies ist Savart gelungen.

Savart's Resonanzversuche.

Fig. 265 zeigt den hierzu bestimmten Apparat. V ist ein Lineal von letall oder Glas mit mattgeschliffener Kante, so daß man mittelst eines Bogens daran Töne erregen kann. Dieser Körper ist durch zwei Stützen in ein Viertel der Entfernung von den Enden unterstützt, vier andere immer kürzer werdende Lineale v v' v'' v''' stehen, nur einmal unterstützt in ihrer Mitte durch die Klötzchen u u' u'' u''' auf der Mitte des unteren Stabes.

Fig. 265.



an sieht hieran, daß die Schwingungsknoten vorzugsweise die unterstützten b, sowohl bei V als bei den übrigen, V schwingt daher in vier Abtheigen, jedes andere Lineal in zwei.

Die Befestigungsart ist gleichgültig, Savart bewerkstelligt sie durch fkleben mit einem schnell trocknenden Kitt, Gummilack wäre vielleicht das ere; unsere Mechaniker nehmen statt der Stückchen u u''' eine zusammenugende Metallstange, in deren Einschnitte die Lineale geschoben werden.

Wenn man nun an dem Ende V die längste Schiene durch einen gen in Transversalschwingungen versetzt, so machen die Verbindungsstücke bis u''' Längenschwingungen, diese übertragen sie an die Lineale v v' v'' v''', ein nicht als Längen-, sondern als Querschwingungen.

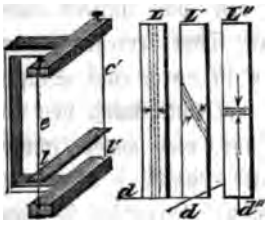
Wird im Gegentheil die Schiene V in Longitudinalschwingungen verst, so machen die Stücke u bis u''' Querschwingungen und also die Lineale bis v''' wieder Längenschwingungen, kurz das ganze zusammengesetzte ystem von Stangen und Verbindungsstücken schwingt in ganz gleichem inne, denn man sieht wohl, daß diejenige Bewegung, welche V erhält, nn es nach u und von u nach V schwingt und welche eine Längenwingung ist, für das Mittelstück u eine Querschwingung sein müsse, und ß diese, genau so wie sie empfangen ist, nach v übertragen, dieses Lineal ieder in Längenschwingungen versetzen müsse.

Was hier gesagt worden und was allenfalls einleuchtet, ist doch vollndig durch Experimente bewiesen worden, indem man sowohl auf die ale als nachher auf die flach gehaltenen Zwischenglieder u bis u''' Sand eute und die Figuren *beobachtete, da sich* dann immer zeigte, daß, wenn

v bis *v'''* Longitudinalschwingungen anzeigte, die Figuren auf *u* bis *u'''* von Transversalschwingungen herrührten.

Auf eine ganz ähnliche Weise werden die Schwingungen auch von Saiten auf feste Körper übertragen, wozu der Fig. 266 gezeichnete Apparat dient.

Fig. 266.



Wir sehen hier ein Gestell, wo ein Lineal *l l'* zwischen zwei Saiten *c* und *c'* eingespannt ist. Wenn man mit einem Bogen die Saite streicht, so vibrirt und tönt das Lineal mit und zwar sind seine Schwingungen transversal oder longitudinal, je nach der Richtung des Bogens. Die daneben gezeichneten Figuren zeigen dieses sehr deutlich.

L ist eine Transversalfigur, durch den aufgestreuten Sand hervorgebracht, dabei hat der Bogen die Saite *c* so gestrichen, wie der an dem Lineal befindliche Strich *d* zeigt. Bei *L'* sieht man eine schräg laufende Linie in der Mitte und *d'* zeigt an, in welcher Weise der Bogen auf die Saite gewirkt hat. Endlich zeigt *L''* durch die Querlinie in der Mitte an, daß die Schwingungen longitudinal waren und so mußten sie auch sein, da der Boge ndie Saite in der Richtung *d''* traf. Die kleinen Pfeile in der Mitte dieser drei Zeichnungen geben die Richtung der Schwingungen an.

Man sollte dem Gesetze der Schwingungen nach muthmaßen, daß eine Uebereinstimmung in den Schwingungszahlen nicht möglich sei, da die Länge der Körper in dem Fig. 265 dargestellten Instrument so verschieden, doch ist diese Uebereinstimmung thatsächlich, die kleineren Lineale vermindern, die größeren beschleunigen ihre Schwingungen, so daß alle zusammen wie ein Körper schwingen.

Wir haben ein sehr gutes Beispiel an dem Pendel. Derselbe schwingt, wenn er etwa 3 Fuß lang ist, in einer Secunde einmal hin und macht in der andern Secunde den Rückweg. Ein Pendel von dem vierten Theile der Länge schwingt in ½ Secunde und ein Pendel von $\frac{1}{16}$ der Länge des Secundenpendels schwingt in ¼ Secunde.

Nun aber ist ein Perpendikel immer eine Stange, jeder Theil derselben schwingt. Es sind viele Theile da, in der ½, ¼, ⅛, $\frac{1}{16}$ Länge von dem Aufhängungspunkte, aber alle schwingen in gleicher Zeit, die längeren, langsamen werden durch das Bestreben der kürzeren beschleunigt, die kürzeren werden durch den langsameren Gang der längeren zurückgehalten, und so entsteht eine mittlere Schwingung, aus der Summe aller Schwingungsgeschwindigkeiten dividirt, durch die Zahl derselben.

Töne und Tonverhältniſſe.

Haben wir uns bis jetzt mit den Vibrationen klingender Körper und t der Fortpflanzung derſelben beſchäftigt, ſo wird nur noch übrig bleiben, n den Tönen ſelbſt zu ſprechen, welche über alle Begriffe verſchieden n einander ſind.

Von dieſer Verſchiedenheit, wie groß ſie auch iſt, können wir nun der pſychologiſch, noch phyſiſch, noch mathematiſch Rechenſchaft ablegen, Stärke und Schwäche des Tones iſt von ſeiner Höhe und Tiefe ganz abhängig, beide haben wieder nichts gemein mit den gänzlich verſchiedenen ängen verſchiedener Inſtrumente (Violine, Flöte, Horn, Clarinett, Trom-e, Clavier, Harfe, Glockenklang, menſchliche Stimme), ja die Behandlungs-iſe eines und deſſelben Inſtrumentes macht denſelben Ton verſchieden, n e durch den Strich des Geigenbogens oder durch Anſchlag des Fingers vorgebracht, eine Glasglocke mit dem Klöppel geſchlagen, mit dem Bogen ſtrichen, mit dem naſſen Finger gerieben, bedingt Unterſchiede in demſel-n Ton, welche wir wohl fühlen, aber weder begreifen, noch erklären können.

Das Verhältniß des Tones zu den andern hängt von der Zahl der chwingungen ab, ſein Klang aber gar nicht, ſondern von der Art, ihn zu wecken; der Ton, der geſtrichen durch den Bogen 4000 Schwingungen der Secunde macht, derſelbe Ton giebt mit dem Finger angeſchlagen iccicato) nicht eine Schwingung weniger, und doch wie verſchieden iſt er n jenem; ja derſelbe Ton von einem Mann und von einer Frau ge-ngen, von einem Meiſter und von einem Stümper angegeben, iſt doch ſo rſchieden, daß der eine uns entzückt, der andere uns Ohrenſchmerzen macht.

Jeder Buchſtabe hat ſeinen eigenen Schall, den man weder Ton noch ang nennen kann, unſer Ohr unterſcheidet auch ſehr wohl die Vocale von ander und die Conſonanten unter ſich und von den Vocalen, ohne Rück-ht auf Höhe oder auf Stärke oder auf das Organ, welches ſie her-rbringt.

Urſachen der Klangverſchiedenheiten unbekannt.

Worin dieſe mannigfaltigen Unterſchiede beſtehen, ſagt der geiſtreiche chubert (der in Petersburg verſtorbene Phyſiker und Aſtronom), wodurch hervorgebracht werden und wie die Seele ſie empfindet, davon wiſſen : nichts, aber deſto mehr müſſen wir die Natur bewundern, die durch ittel, welche unſeren ſorgfältigſten Unterſuchungen verborgen bleiben, ſolche

erſtaunliche Wirkungen hervorbringt, wie z. B. wenn wir in demſelben Augenblicke alle die Töne eines großen Orcheſters hören, die Schönheiten der Compoſition fühlen, jeden falſchen Ton oder Tact oder ſonſtigen Fehler bemerken, die Worte des Geſanges und ihren Sinn verſtehen, das Organ eines bekannten Sängers erkennen u. ſ. w.

Bleiben wir allein bei dieſem letzteren ſtehen; wie höchſt merkwürdig iſt die Verſchiedenheit der Organe. Wenn bei einem Freudenfeſte oder einem Zweckeſſen 200 Perſonen beiſammen ſind, von denen fünfzehn oder zwanzig verſchiedene Toaſte ausbringen, ſo erkennen wir, auch wenn wir den Redner nicht ſehen, einen Jeden an ſeiner Stimme, oder wir fühlen ſofort, es ſchlägt ein unbekanntes Organ an unſer Ohr, wir ſehen uns um, wir richten uns auf, um den Sprecher zu ſehen und wir finden, es iſt ein uns ſo unbekanntes Geſicht wie das Organ unbekannt war.

Worin liegt dieſe Verſchiedenheit, da Zunge, Zähne, Gaumen, Rachenhöhle, Kehlkopf, Luftröhre, Lunge alle ſo gleich gebildet ſind, daß der Anatom vergeblich nach dem Grunde ſo vieler Verſchiedenheiten ſucht, denn es giebt auf Erden nicht zwei Menſchen, welche ein vollkommen gleiches Organ beſitzen.

Da macht trotz der Gleichheit der Bildung ſich Verſchiedenheit der Verhältniſſe der einzelnen Theile zu einander, größere oder geringere Elaſticität, Spannung der Bibern, der Muskeln, der Knorpel, Ausgiebigkeit oder Trockenheit der Schleimhäute, Stellung der Zähne, Weite des Mundes, der Bruſthöhle doch ſo ſehr geltend, daß die geringſten Veränderungen in dem Bau dieſer Organe ſogleich in der Wirkungsart derſelben erkannt werden.

Es iſt damit wie mit dem menſchlichen Angeſicht, welches auch aus einer ganz gleich bleibenden Anzahl von Stücken in ganz gleicher Stellung zu einander beſteht, durch welche Stücke bei einer Verſchiedenheit, die nirgends ½ Zoll überſteigt, doch eine ſo unendliche Mannigfaltigkeit erreicht wird, daß ſelbſt Zwillinge, welche immerfort ſelbſt von Freunden und Bekannten mit einander verwechſelt werden, nur neben einander geſtellt werden dürfen, um Verſchiedenheiten zur Genüge zu zeigen.

Auf dieſem Felde iſt die Grenze unſeres Wiſſens bald erreicht, beſſer ſind wir wenigſtens hinſichtlich der Höhe und Tiefe der Töne geſtellt. Dieſer Unterſchied hängt, wie bereits bemerkt, von der Geſchwindigkeit ab, womit der ſchallende Körper ſeine Schwingungen macht, und der Ton iſt deſto höher, je ſchneller und deſto tiefer, je langſamer der Körper ſchwingt. Hieraus folgt nun ſogleich, daß der Körper, um einen Ton anzugeben, gleichförmig ſchwingen müſſe, d. h. daß jeder Ton, ſo lange er anhält, in jeder Secunde eine gleiche Anzahl von Schwingungen machen müſſe.

Geräuſch.

Dies iſt es auch, wodurch der Ton oder Klang ſich von dem bloßen Geräuſch unterſcheidet, deſſen Schwingungen nicht einen Augenblick gleichförmig bleiben, ſondern immerfort bald langſamer, bald ſchneller werden.

Schall nennen wir Alles, was hörbar iſt, wir theilen den Schall ein in Klang, wenn das Ohr die Geſchwindigkeit der Schwingungen deutlich vernimmt, und in Geräuſch, wenn dies nicht der Fall iſt. Der Klang beſteht entweder aus einer einzelnen Reihe von gleichförmigen Schwingungen, welche ein Ton heißt, oder aus mehreren ſolchen Reihen, die deutlich von einander zu unterſcheiden ſind und entweder eine Melodie oder einen Accord oder eine Diſſonanz geben, je nachdem die Geſchwindigkeiten der Schwingungen jeder Reihe ein einfaches oder ein zuſammengeſetztes Verhältniß gegen einander haben. Töne, die in einem hohen Grade diſſoniren, geben einen unreinen Klang. Der Knall iſt ein heftiger, ſchnell vorübergehender Schall.

Aber auch hier ſind die Grenzen durchaus nicht ſcharf gezogen und man kann in dem Geräuſch ſelbſt noch den Ton unterſcheiden, falls man aufmerkſam iſt oder vergleicht.

Wenn ein gut ſchließendes Penal plötzlich durch Aufziehen zum Schallen gebracht wird, ſo erkennt man nicht leicht einen Ton, wenn man aber drei oder vier von verſchiedener Größe ſchnell hinter einander aufzieht, ſo wird die Verſchiedenheit der Töne ſehr deutlich hervorſpringen, und wenn man einige Auswahl hat, ſo wird es ſehr leicht ſein, einen vollſtändigen Accord anzugeben.

Der Knall einer Peitſche, einer Champagnerflaſche, von welcher der Kork hinwegfliegt, das Schnippchenſchlagen mit den Fingern, ſind ſolche Aeußerungen erſchütterter Luft, die Niemand Ton nennen wird, allein ſobald man mit drei Fingern hinter einander ſchnippt, drei oder vier verſchiedene Peitſchen oder Bouteillen knallen läßt, tritt der Unterſchied dieſer Schalle und damit der Begriff Ton ein.

Umgekehrt kann man aus vielen verſchiedenen Tönen ein Geräuſch zuſammenſetzen, woraus der größte Analytiker nicht die einzelnen Töne ziehen wird. Wenn man 12 Weingläſer neben einander auf einen Tiſch ſtellt und eins nach dem andern mit dem hölzernen Heft eines Meſſers anſchlägt, ſo wird jedes einen deutlichen, von dem andern unterſcheidbaren Ton angeben. Wenn man den Tiſch neigt, ſo daß ſie alle zur Erde fallen, hört man wohl Geräuſch, aber nicht Ton oder Töne. Das Experiment iſt ein wenig

theuer, es koſtet doch allemal einen Thaler, allein man kann es auch wohlfeiler machen, nur koſtet es dann mehr Mühe.

Wenn man ſich die hölzernen Klangſtäbe zu einer Strohfiddel abſtimmt und auf zwei Schnüre reiht, ſo giebt jedes einzelne Stäbchen einen Ton, einer nach dem andern angeſchlagen eine Tonleiter, das ganze Inſtrument an den Fußboden, auf Holz- oder Steinplatten geworfen, giebt Lärm; alſo entſteht dieſer aus dem verwirrten Durcheinanderklingen vieler verſchiedener Töne. So iſt es vielleicht mit allem Lärm, mit dem Brauſen des Meeres, mit dem Sauſen und Pfeifen des Windes in den Zweigen der Bäume, mit dem Toſen eines Waſſerfalles, dem Ziſchen des Dampfſtrahles.

Auseinanderlegen der Töne.

Savart glaubt in dem Reflex des Schalles ein Mittel gefunden zu haben, die Töne, aus denen er beſteht, zu unterſcheiden, indem er ſie von einander ſondert. Es bedarf dazu nur einer Mauer, von der man ſich nach und nach bis auf etwa 10 Fuß entfernt (natürlich nicht in einem Zimmer, weil da vier Mauern ſind, ſondern im Freien, auch muß man dergleichen Verſuche bei möglichſter Stille, alſo eigentlich bei Nacht machen); die hohen Töne walten vor in der Nähe der Mauer, die tiefen und tieferen in immer größeren Entfernungen. Selbſt das Knittern eines Bogens Papier läßt ſich auf ſolche Weiſe in verſchiedene Töne trennen. Die großartigſten Verſuche hat Savart am Meeresufer gemacht, wo er das Geräuſch aus verſchiedenen Entfernungen von einer reflectirenden Wand beobachtete. Es waren ſehr deutlich wahrnehmbare Verſchiedenheiten nicht zu verkennen, vor Allem aber war die ungeheure Gewalt, die Mächtigkeit dieſer einzelnen Töne merkwürdig, welche durch ihren ſonoren Klang das Gehör viel gewaltiger erſchütterten als das Brauſen des Meeres in ſeiner Geſammtheit.

Dieſes Auseinanderlegen der verſchiedenen Töne durch mehr oder mindere Entfernung von einem den Schall reflectirenden Körper könnte auf den Gedanken bringen, als durchliefen verſchiedene Töne verſchiedene Entfernungen in derſelben Zeit, dies iſt jedoch, wie wir aus einer früheren Andeutung wiſſen, durchaus nicht der Fall, die höchſten Töne verbreiten ſich trotz ihrer außerordentlich ſchnellen Schwingungen doch nicht im mindeſten raſcher als die tiefſten. So auffallend dies auch ſein mag, ſo hat es doch ſeinen guten und natürlichen Grund. Die raſche und lebhafte Aufeinanderfolge von Vibrationen, welche die höchſten Töne geben, ſind außerordentlich kurz, es iſt ſelbſt beim elektriſchen Lichte nicht möglich, das höchſte E eines Claviers im Anſchlage ſchwingend, tongebend, gekrümmt zu ſehen, während

schon die Mitteltöne sichtbar vibriren und die Baßtöne eines Flügels nicht bloß sichtbare, sondern sehr fühlbare Schwingungen von ¼ Zoll Weite „Excursionen von ¼ Zoll Amplitude" ist der Kunstausdruck) machen.

Es wirken daher durch ihre breiten Schwingungen die tiefen Töne den so gut auf die den Schall fortpflanzende Luft als die hohen Töne durch die Menge derselben. Was die Entfernung betrifft, bis zu welcher verschiedene Töne gehört werden, so ist dies etwas anderes. Wenn das tiefste C der Orgel schwingt, so entstehen 32 Schwingungen in der Secunde; hält dieses Tönen 5 Secunden an, so wird die Luft in dieser Zeit 80 Mal zusammengedrückt und eben so oft verdünnt werden, hält dagegen das acht Octaven höhere C so lange an, so wird die Luft nahezu 41,000 Schwingungen machen, genauer wird sie 20,480 Mal zusammengedrückt und 20,480 Mal ausgedehnt werden.

Daß diese 41,000 Vibrationen weiter gehört werden als jene 160 der tiefen Orgelpfeife, ist sehr begreiflich, die kleinen Stöße werden unendlich oft wiederholt; darum hört mitten im wildesten Sturm, wenn die Masten der Schiffe krachen, die Segel zerreißen, der Matrose die Stimme seines Commandeurs nicht, auch durch das Sprachrohr nicht, wohl aber die Pfeife des Bootsmannes. Dieser schrillende Ton dringt durch das furchtbare Geräusch der am Schiffe zerschellenden Wogen und der das Tauwerk durchsausenden Stürme, allein wenn der schneidende Pfiff die Luft weiter durchdringt, so durcheilt er sie doch nicht schneller, und hört man die Orgelpfeife auch nicht auf 3000 Schritt wie den schrillenden Pfiff des Jägers, der seinen Hund ruft, so hört man beide doch auf 1000 Schritt binnen zwei Secunden und nicht den einen Ton früher und den andern später.

Töne und Farben.

Etwas ganz Aehnliches findet, wie wir wissen, bei dem Lichte statt. Wir wollen nicht davon sprechen, daß zwei der größten Mathematiker, Newton und Euler, obgleich sie ganz entgegengesetzte Hypothesen über die Natur des Lichtes hatten, doch beide eine große Aehnlichkeit zwischen den Farben und den Tönen fanden, denn dieses ist ein bloßes Gedankenspiel, was sich der ernsten Forschung gegenüber nicht einen Augenblick halten läßt, denn die ganze Aehnlichkeit reducirt sich auf die Annahme von sieben Farben gegenüber den sieben Tönen der Scala; allein es giebt erstens nicht sieben Farben, sondern nur sechs, denn Newton's Annahme von hellblau und dunkelblau ist ganz willkürlich, er hätte eben so gut hellroth und dunkelroth oder hellviolett und dunkelviolett annehmen dürfen; zweitens giebt es auch

nicht einmal ſechs Farben, ſondern nur drei: gelb, roth und blau, die andern ſind Miſchungsfarben aus je zweien dieſer drei Farben und eben ſo wie man grün eine Farbe des Lichtes nennt, könnte man auch eine Terz oder Quinte einen Ton nennen; drittens hat man nicht ſieben Töne, ſondern eine ſehr große Anzahl von Tönen in verſchiedenen Octaven, Niemand kann aber die Octave von dem Roth des Regenbogens oder dem prächtigen Blau eines Flintglasprismas angeben; allein eine andere wenig beachtete Aehnlichkeit liegt in der Verbreitung des Lichtes und der Töne, in der Fortpflanzung derſelben, ſo wie auch der Wärme durch Vibrationen und darin, daß ſich die verſchiedenen Töne ſo wie die verſchiedenen Farben durch gleiche Räume in gleicher Zeit fortpflanzen, daß der blaue wie der rothe und gelbe Lichtſtrahl ihren Weg ſo in gleicher Zeit zurücklegen, wie die hohen und niederen Töne, daß aber ferner die Schwingungsgeſchwindigkeit der Töne ſo verſchieden iſt, wie die Schwingungsgeſchwindigkeit der Farben und der Wärmequalitäten.

Die Wellenart aber iſt verſchieden und dieſe Verſchiedenheit bedingt auch die Möglichkeit oder Unmöglichkeit der Polariſation; der Schall kann nicht polariſirt werden und ſeine Wellen unterſcheiden ſich dadurch wieder auf das Entſchiedenſte von den Wellen des Lichtes. Man kann die verſchiedenen Licht- und Wärmearten durch Polariſation trennen wie durch ein Sieb, und die ſo getrennten, die einmal durch den Polariſationsapparat gegangen ſind, gehen fort und fort wieder hindurch und die auf dem Siebe zurückgeblieben, bleiben wie zu grobe Schrotkörner immer zurück; nicht ſo mit dem Schall, es giebt kein Mittel, denſelben ſo zu theilen, daß eine Portion ſich ferner nur vor einer ſchrägen Fläche reflectiren laſſe, indeß die andere durch dieſe nämliche Fläche, welche jenen Antheil Schall zurückgeworfen hat, hindurchgehe. Es giebt kein Mittel, den Schall ſo zu trennen, daß eine ſeiner Hälften andere Eigenſchaften bekäme als die andere.

Ein ähnlicher Unterſchied, wie zwiſchen dieſen beiden Gruppen von Kräften oder Thätigkeiten, nämlich Wärme und Licht einerſeits und Schall andererſeits (denn Schall iſt ſo wenig ein Körper wie das Licht oder die Wärme, ſondern er iſt der Anſchlag eines bewegten Mittels an das Ohr, wie das Licht der Anſchlag eines ſolchen bewegten Mediums an das Auge iſt), ein ähnlicher Unterſchied findet auch ſtatt zwiſchen dieſen dreien und der Elektricität und dem Magnetismus.

Wenn nämlich die eine Abtheilung der erſten Gruppe von der andern Abtheilung ſich durch die Polariſation unterſcheidet, ſo unterſcheidet ſich die erſte Gruppe ſelbſt von der hier zuletzt genannten durch Strahlung.

Licht, Wärme und Schall verbreiten ſich ſtrahlenförmig, ſie können zurückgeworfen und gebrochen werden.

Elektricität und Magnetismus verbreiten ſich auch rund um ihren Entſtehungspunkt gleichmäßig, keine Seite hat vor der andern den Vorzug, von wo man eine Nadel dem freundlichen Pole eines Magneten nähert, wird ſie angezogen werden, allein ſtrahlenförmig iſt dieſe Verbreitung nicht. Es läßt ſich leicht die Probe auf dies Exempel machen: wer kann einen Spiegel zeigen, durch welchen die Elektricität reflectirt würde, wer ein Prisma, durch welches der Magnetismus gebrochen, wer eine Linſe, durch welche ſeine Strahlen in einem Focus vereinigt würden? Dies ſind charakteriſtiſche Merkmale einer ſtrahlenförmigen Verbreitung; wo dieſe Merkmale fehlen, dürfen wir dreiſt die Strahlenförmigkeit der Verbreitung läugnen.

Geſetze der Töne und Tonfolge.

Wir haben bisher von phyſikaliſchen Eigenſchaften des Schalles geſprochen, wir ſind jetzt nothgedrungen, zu den mathematiſchen Eigenſchaften und Geſetzen der Töne überzugehen, bitten aber unſere geehrten Leſer, auch die Damen unter denſelben, nicht gar zu große Beſorgniß zu hegen, wir hoffen auch dieſen Gegenſtand mit einem Jedermann geläufigen Antheil Mathematik abzuthun.

Geſchwindere Schwingungen geben einen höheren Ton. Die ganze Tonkunſt beruht auf einer Verbindung abwechſelnd höherer und tieferer Töne, alſo ſchließlich auf den mathematiſchen Verhältniſſen zwiſchen ſchnellen und langſamen Schwingungen tönegebender Körper.

Um ſich von dieſem bewundernswürdigen Naturgeſetz einen deutlichen Begriff zu machen, muß man den Zuſammenhang genau kennen, der zwiſchen dieſen heterogenen Dingen ſtattfindet, man muß z. B. wiſſen, ob die Quinte in der Muſik zwei-, drei- oder viermal mehr Schwingungen macht als der Ton, deſſen Quinte ſie iſt. Es findet hierbei etwas Aehnliches ſtatt wie bei der Wärme. Das Gefühl der Wärme iſt unbeſtimmt und trügeriſch, aber die Wirkung der Wärme, alle Körper auszudehnen, welche durch das Queckſilber im Thermometer angedeutet wird, läßt ſich mathematiſch meſſen und berechnen. Wir beſtimmen daher die Temperatur der Luft durch die Grade des Thermometers, obgleich beide ganz heterogene Dinge ſind.

Eben ſo iſt die Empfindung des Ohres von der Höhe der Töne zu geiſtig und zu transcendent, um gemeſſen zu werden,*) aber die damit ver-

*) Schubert über den Schall.

bundene Geschwindigkeit der Schwingungen ist ein Gegenstand für die Mathematik und giebt uns daher ein genaues Maß für die Höhe der Töne. Wir werden z. B. einen Ton zwei oder dreimal so hoch nennen als einen andern Ton, wenn er zwei- oder dreimal so viel Schwingungen in der Secunde macht als der andere.

Aber ohne diese Erklärung würde es schwer sein, in bloß musikalischer Hinsicht einen deutlichen Begriff damit zu verbinden, daß die Octave zweimal, die Quinte anderhalbmal so hoch ist als der Grundton.

Schwingungsgeschwindigkeit.

Die obige Frage läßt sich also richtiger so stellen: „was ist es für ein Ton in der Musik, der zweimal so viel Schwingungen macht als ein gegebener Ton, und daher zweimal so hoch genannt werden muß?", oder vielmehr: „wie heißt das musikalische Intervall zwischen diesen beiden Tönen, ist es die Tertie, die Quinte oder Octave?"

Die Beantwortung dieser Frage, welche die ganze mathematische Theorie der Musik ausmacht, giebt die Bestimmung des Verhältnisses der Geschwindigkeiten der Schwingungen für jedes musikalische Intervall und diese Verhältnisse lassen sich am besten durch das Monochord erläutern, welches wir S. 26 bereits kennen gelernt haben.

Um aber aus den Versuchen mit dem Monochord, die Jeder anstellen kann, der ein musikalisches Gehör hat, richtige Schlüsse zu ziehen, muß man (da es unmöglich ist, die Schwingungen unmittelbar zu zählen, wenn man nicht Scheibler's Methode oder die Savart'sche durch die Radsirene anwendet) das Gesetz kennen, nach welchem die Anzahl der Schwingungen von der Länge der Saite abhängt, die mit dem Bogen gestrichen oder mit dem Finger angeschlagen wird. Jeder Clavierstimmer und jeder Instrumentenmacher weiß, daß der Ton einer Saite desto höher ist, je stärker sie gespannt, je dünner sie dabei und je kürzer sie ist, allein beide benutzen diese Kenntniß ohne Kenntniß der Gesetze lediglich practisch, auf die sich ihnen aufdrängende Erfahrung oder auf die Ueberlieferung von Lehrer und Lehrherr gestützt, zu ihren Arbeiten, ihnen ist selten das eigentliche Naturgesetz bekannt.

Dieses Gesetz aber ist streng mathematisch bewiesen und besteht in Folgendem:

1) Die Zahl der Schwingungen zweier Saiten verhält sich umgekehrt wie ihre Länge.
2) Die Zahl der Schwingungen zweier Saiten verhält sich umgekehrt wie ihre Durchmesser.

3) Die Zahl der Schwingungen zweier Saiten iſt proportional der Quadratzahl der Gewichte, welche ſie ſpannt.
4) Endlich verhält ſie ſich umgekehrt, wie die Quadratwurzel ihrer Dichtigkeit.

Es ſind dieſe Angaben durch Experimente bewieſen und ſie können ſehr ht nachgemacht werden.

Das erſte Geſetz betreffend, ſo unterſtützt man eine Saite des Mono- rds durch einen Steg in der Mitte, dadurch iſt die Saite halb ſo lang vorden, ihre Schwingungszahl iſt alſo umgekehrt wie $\frac{1}{2}$ Mal ſo groß, h. $\frac{2}{1}$ Mal, was man einfach ſo ausdrückt, ſie iſt verdoppelt. Unterſtützt m die Saite bei $\frac{2}{3}$ ihrer ganzen Länge, ſo ſchwingt ſie $\frac{3}{2}$ Mal ſo viel bei der ganzen Länge, d. h. 1½ Mal ſo viel, ſie giebt die Quinte u. ſ. f.

Meſſungen am Monochord.

Um das folgende Geſetz zu beweiſen, ſpannt man auf ein Monochord ei Saiten von verſchiedenem Durchmeſſer (von verſchiedener Dicke) durch iche Gewichte. Die gröbere wird einen tieferen Ton geben und zwar nau die Octave, wenn ſie genau einen doppelt ſo großen Durchmeſſer hat. ie doppelt ſo dicke Saite macht alſo halb ſo viele Schwingungen oder die lb ſo dicke Saite macht doppelt ſo viele Schwingungen, d. h. die Anzahl r Schwingungen beider Saiten verhält ſich umgekehrt ſo wie die Durch- ſſer.

Die Spannung betreffend, ſo geben Saiten von gleicher Länge und icher Stärke jederzeit höhere Töne, je ſchwerer die Gewichte ſind, durch lche ſie geſpannt werden. Man wird zwar wahrnehmen, daß eine Saite, lche bei einer Belaſtung von 10 Pfund einen gewiſſen Ton giebt, die tave dieſes Tones nicht bei der Verdoppelung, ſondern erſt bei der Ver- rfältigung deſſelben Gewichtes giebt.

In allen Lehrbüchern ſteht dieſer Satz ohne alle Erläuterung, es be- rf derſelben aber um ſo mehr, als einem unbefangenen Leſer gar nicht leuchten will,. daß ſich 1 zu 4 verhält wie die Wurzel zum Quadrat, m da findet überhaupt nie ein Verhältniß ſtatt, welches ſich allgemein ch zwei Zahlen ausdrücken ließe, die Wurzel von 4 verhält ſich zu ihrem adrat wie 1 : 2, die Wurzel von 16 dagegen wie 1 zu 4, die von 100 : 1 : 10 u. ſ. w.

Allein wie es hier verſtanden iſt, ſo lautet das Geſetz auch gar nicht, handelt ſich nicht um das Verhältniß von Wurzel zum Quadrat, dies

ſteigt mit der Größe der Wurzel ganz gleichen Schrittes, es handelt ſich um das Verhältniß zweier Wurzeln. Die Zahl der Schwingungen der höher klingenden Saite verhält ſich zu der Schwingungszahl der tieferen wie die Wurzel aus der Zahl, welche das Gewicht der ſchweren angiebt zu der Wurzel aus der Zahl, welche das Gewicht der leichter belaſteten angiebt und da paßt das angegebene Gewichts- oder Spannungsverhältniß allerdings ganz genau.

Geſetzt es hinge an der einen Saite 1 Pfund und an der andern, welche die Octave giebt, alſo doppelt ſo viele Schwingungen macht, hängen 4 Pfund; die Quadratwurzel von 1 iſt auch 1, denn 1 Mal 1 oder 1 multiplicirt mit ſich ſelbſt, alſo das Quadrat von 1 iſt nichts anderes als 1, in dieſem Falle iſt die Wurzel gleich dem Quadrat. Die Wurzel von 4 iſt aber 2, denn 2 Mal 2 iſt 4; die Quadratwurzeln verhalten ſich zu einander alſo wie 1 zu 2, dies iſt aber gerade das Verhältniß des Grundtons zur Octave.

Wenn die eine von zwei gleichen Saiten mit 9 Pfund, die andere mit 36 belaſtet iſt, ſo verhalten ſich die Quadratwurzeln dieſer Zahlen wie 3 zu 6, d. h. wie 1 zu 2.

Wenn die Gewichte 25 und 100 ſind, ſo ſind die Quadratwurzeln 5 und 10, alſo wieder ein Verhältniß wie 1 zu 2. Wenn die Gewichte 81 und 324 ſind, ſo verhalten ſich die Quadratwurzeln wie 9 zu 18, d. h. wie 3 zu 6 oder wie 1 zu 2. In allen dieſen und in hundert andern Fällen ſind die Gewichte in dem Verhältniß von 1 zu 4 und die Quadratwurzeln wie 1 zu 2, die dadurch hervorgebrachten Töne aber gleichfalls wie 1 zu 2, d. h. wie Grundton zu Octave.

Es war dieſe Auseinanderſetzung nöthig, um das Mißverſtändniß zu löſen, welches dadurch leicht entſtehen kann, daß man, das mathematiſche Geſetz mit der practiſchen Ausführung zuſammenhaltend, glaubt, daß die Zahlen nicht geſetzmäßig ſeien; es war nöthig, um die Richtigkeit des Geſetzes darzuthun. Wir wenden uns nun zu dem vierten Punkt.

Stoffverſchiedenheit.

Wenn man zwei Saiten von gleicher Länge, gleicher Dicke und gleicher Spannung, aber von verſchiedenen Subſtanzen zum Tönen bringt, ſo verhalten ſich die Schwingungszahlen wie die Quadratwurzeln aus der Dichtigkeit. Die Dichtigkeit einer Darmſaite verhält ſich zur Dichtigkeit einer Meſſingſaite wie 1 zu 9. Die Quadratwurzeln hieraus ſind 1 und 3, die Schwingungsanzahl der beiden Saiten ſteht in dieſem Verhältniß, die Meſſing-

saite macht in derselben Zeit (auch alles Uebrige gleichgesetzt wie schon gesagt) dreimal so viel Schwingungen als die Darmsaite, doppelt so viel wäre die höhere Octave, noch um die Hälfte mehr ist die Quinte von dieser Octave.

Diese Gesetze und deren Erklärungen sind leicht zu behalten; wegen des Folgenden ist der Verfasser jedoch in einer gewissen Verlegenheit. Nicht weil die demnächst mitzutheilenden Gegenstände schwerer faßlich wären — nichts weniger als dies — wohl aber weil sie, da es sich um Zahlenverhältnisse handelt, passabel langweilig sind. Gesagt muß in einem Lehrbuch der Physik das Alles werden, was über die Verhältnisse der Töne zu einander hier vorkommt, es ist von so großer Wichtigkeit, daß Pythagoros, von dem man sagt, daß er diese Verhältnisse erfunden habe, vor Freuden gestorben sein soll. Nichts desto weniger wird es nur denjenigen besonders interessiren, der sich mit der Musik (nicht mit Clavierschlagen oder Guitarreklimpern, sondern mit Musik) beschäftigt. Wir können unsern geehrten Lesern nur überlassen, sich selbst zu klassificiren und also, wenn sie nichts von Musik verstehen oder lernen wollen, die nächsten Seiten zu überschlagen. Damit aber auch den andern Lesern die Sache nicht zu langweilig werde, wollen wir uns so kurz als möglich fassen.

Längenmaße der Töne. Intervalle.

Bei den Tonverhältnissen legt man um der Einfachheit willen alle Verschiedenheiten in Dicke der Saite, Substanz aus der sie besteht, und Spannung bei Seite, nimmt ein- für allemal eine Saite unter einer bestimmten Spannung, betrachtet bloß die Längen derselben und die Töne, welche aus den Veränderungen der Länge einer Saite hervorgehen.

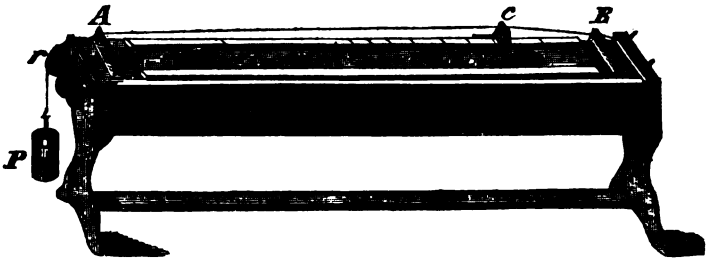
Die Versuche werden auf folgende Art angestellt: Man merke sich genau den Ton, den die ganze Saite des Monochords angiebt, ehe der bewegliche Steg untergesetzt wird, oder besser man stimme sie mit dem großen C auf einem gut gestimmten Clavier in Einklang, weil in dieser Tonart alle Intervallen rein sind.*) Mit Hülfe dieses Claviers wird man auch leicht die folgenden Versuche machen.

Man setze zuerst den Steg (Fig. 267, S. 144) nach dem eingetheilten Maßstabe des Monochords AB unter die Mitte der Saite, so daß sie in zwei gleiche Theile getheilt ist, wovon ich in der Folge den an der linken Seite durch M und den an der rechten durch N bezeichnen werde. In

*) Schubert a. a. O.

dieſem Falle werden *M* und *N* im Einklange ſein und die höhere Octave der ganzen Saite angeben, das kleine c.

Fig. 267.



Da nun eben bewieſen iſt, daß *M* und *N*, da ſie halb ſo lang als die ganzen Saiten ſind, zweimal ſo viele Schwingungen machen, ſo folgt hieraus, daß der zweimal ſo hohe Ton, der in jeder Secunde zweimal ſo viele Schwingungen macht, die reine Octave iſt, oder daß das Intervall, welches man in der Muſik Octave nennt, mathematiſch durch das Verhältniß der Schwingungen eins zu zwei ausgedrückt wird.

Schiebt man nun den Steg ſo weit links, daß *M* (der linke Theil) genau der dritte Theil der ganzen Saite iſt, *N* alſo $^2/_3$ enthält, ſo ergiebt ſich erſtens hieraus, daß die Theile ſich verhalten wie 1 zu 2, daß alſo der linke Theil die Octave von dem rechten Theile iſt, aber vergleicht man die beiden Töne mit dem Clavier, ſo wird man finden, daß nach der oben vorausgeſetzten Stimmung der rechte Theil *N* mit dem großen G des Claviers, der linke mit dem kleinen im Einklange iſt. Demnach hat *N* die Quinte des Tones der ganzen Saite oder des Urtones, *M* iſt die Octave dieſer Quinte oder die Duodecime des Urtones. Da nun *M* dreimal ſo viel Schwingungen macht als der Urton und zweimal ſo viel als *N*, ſo verhalten ſich die Schwingungen der Töne C und g wie 1 zu 3 und der Ton c zu G wie 2 zu 3. Das muſikaliſche Intervall, welches die Quinte heißt, wird alſo durch das Verhältniß der Schwingungen wie 2 zu 3 hervorgebracht. Wenn demnach C zwei Schwingungen macht, ſo macht die Quinte G drei und die Octave vier, mithin verhalten ſich die Schwingungen von G und c wie 3 zu 4. Da nun c die Quarte von G iſt, ſo entſteht das muſikaliſche Intervall der Quarte aus den Verhältniſſen der Schwingungen wie 3 zu 4. Hiervon kann man ſich auch überzeugen, wenn man den Steg noch weiter links ſchiebt, ſo daß *M* der vierte Theil der Saite iſt, mithin *N* $^3/_4$ hat. Man wird nämlich finden, daß *N* genau die Quarte F des Urtones der ganzen Saite iſt — da man weiß, daß *N* $^4/_5$ ſo viel

Schwingungen macht als der Urton, so ist die Quarte das Verhältniß von 1 zu $^4/_3$, oder was gleich ist $^3/_3$ zu $^4/_3$ oder 3 zu 4.

Wir haben bisher gefunden, daß die Octave nichts anderes ist als das Verhältniß der Schwingungen 1 zu 2, die Quinte 2 : 3, die Quarte 3 : 4 und man wird aus dem Fortgange dieser Zahlen leicht den Schluß ziehen, daß das nächste Intervall sein müsse wie 4 : 5, dies ist das der großen Tertie.

Um sich von der Richtigkeit dieser Voraussetzung zu überzeugen, verschiebe man den Steg noch weiter links, bis *M* der fünfte Theil der ganzen Saite, *N* folglich $^4/_5$ ist; alsdann macht *N* $^5/_4$ Mal so viel Schwingungen als der Urton C und giebt die große Tertie E an, welches demnach durch das Verhältniß von 4 zu 5 ausgedrückt wird.

Das nächste einfache Verhältniß ist 5 : 6, welches ein etwas kleineres Intervall ist als 4 : 5. Man wird leicht von selbst darauf verfallen, daß es die kleine Tertie ist C zu Es; man kann sich nicht allein durch das Monochord hiervon überzeugen, indem man den Steg auf die Stelle setzt, wo *M* der sechste Theil der ganzen Saite, also *N* $^5/_6$ derselben ist und dieser Theil nun wirklich Es angiebt, sondern auch durch folgende Schlüsse: Wir haben gefunden, daß die Quinte G $^3/_2$ und die große Tertie E $^5/_4$ ist, zwischen E und G aber ist eine kleine Tertie, die also das Verhältniß $^5/_4$ zu $^3/_2$ giebt, was gleich $^5/_4$ zu $^6/_4$ oder 5 : 6 ist.

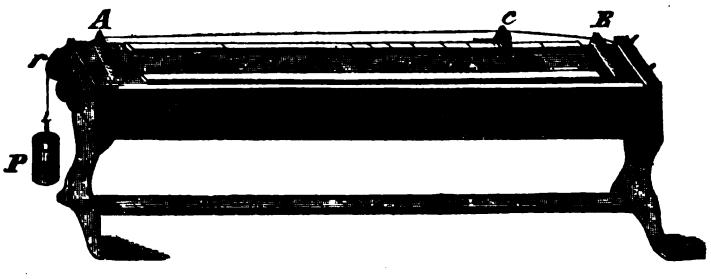
Wenn man so fortgeht, so kommt man auf das Verhältniß 7 : 6, ein Intervall, das etwas kleiner ist als 6 : 5; es fragt sich, was dies für ein Intervall sein wird. Man verfällt natürlich zuerst auf die Secunde D und es ist leicht, diese Vermuthung am Clavier sowohl zu prüfen, als auch an dem schon gefundenen Verhältniß FG, was die Secunde ist, nämlich das Intervall zwischen der Quarte und der Quinte $^4/_3$ und $^3/_2$.

Die Secunde giebt demnach das Verhältniß $^4/_3$ zu $^3/_2$ oder 8 : 9, welches kleiner ist als 7 : 6. $^7/_6$ ist daher ein Intervall, welches zwischen die Secunde und die kleine Tertie fällt, mithin in unserer gewöhnlichen Tonleiter nicht vorkommt, obgleich es, wie wir in der Folge sehen werden und wie auch die Folge der Zahlen beweist, zu den natürlichen Tönen gehört.

Die doppelte Octave vom Urton C oder das eingestrichene c (d. h. $\overline{c}$) verhält sich zu C wie 2 mal 2 zu 1, d. h. wie 4 : 1, und die Quinte davon oder das eingestrichene g ($\overline{g}$) zu C wie $^3/_2$ mal 4 zu 1, d. h. wie 6 : 1. Der gesuchte Ton 7 oder $^7/_6$ von g fällt also zwischen die Secunde und die kleine Tertie von g, dies ist zwischen $\overline{a}$ und $\overline{b}$, wovon man sich auch durch das Monochord überzeugen kann, wenn man *M* genau dem siebenten Theil der ganzen Saite, *also N gleich* $^6/_7$ derselben macht, da dann M

dieſem Falle werden *M* und *N* im Einklange ſein und die höhere Octave der ganzen Saite angeben, das kleine c.

Fig. 267.



Da nun eben bewieſen iſt, daß *M* und *N*, da ſie halb ſo lang als die ganzen Saiten ſind, zweimal ſo viele Schwingungen machen, ſo folgt hieraus, daß der zweimal ſo hohe Ton, der in jeder Secunde zweimal ſo viele Schwingungen macht, die reine Octave iſt, oder daß das Intervall, welches man in der Muſik Octave nennt, mathematiſch durch das Verhältniß der Schwingungen eins zu zwei ausgedrückt wird.

Schiebt man nun den Steg ſo weit links, daß *M* (der linke Theil) genau der dritte Theil der ganzen Saite iſt, *N* alſo $^2/_3$ enthält, ſo ergiebt ſich erſtens hieraus, daß die Theile ſich verhalten wie 1 zu 2, daß alſo der linke Theil die Octave von dem rechten Theile iſt, aber vergleicht man die beiden Töne mit dem Clavier, ſo wird man finden, daß nach der oben vorausgeſetzten Stimmung der rechte Theil *N* mit dem großen G des Claviers, der linke mit dem kleinen im Einklange iſt. Demnach hat *N* die Quinte des Tones der ganzen Saite oder des Urtones, *M* iſt die Octave dieſer Quinte oder die Duodecime des Urtones. Da nun *M* dreimal ſo viel Schwingungen macht als der Urton und zweimal ſo viel als *N*, ſo verhalten ſich die Schwingungen der Töne C und g wie 1 zu 3 und der Ton c zu G wie 2 zu 3. Das muſikaliſche Intervall, welches die Quinte heißt, wird alſo durch das Verhältniß der Schwingungen wie 2 zu 3 hervorgebracht. Wenn demnach C zwei Schwingungen macht, ſo macht die Quinte G drei und die Octave vier, mithin verhalten ſich die Schwingungen von G und c wie 3 zu 4. Da nun c die Quarte von G iſt, ſo entſteht das muſikaliſche Intervall der Quarte aus den Verhältniſſen der Schwingungen wie 3 zu 4. Hiervon kann man ſich auch überzeugen, wenn man den Steg noch weiter links ſchiebt, ſo daß *M* der vierte Theil der Saite iſt, mithin *N* $^3/_4$ hat. Man wird nämlich finden, daß *N* genau die Quarte F des Urtones der ganzen Saite iſt, und da man weiß, daß *N* $^4/_3$ ſo viel

Schwingungen macht als der Urton, so ist die Quarte das Verhältniß von 1 zu $\frac{4}{3}$, oder was gleich ist $\frac{3}{3}$ zu $\frac{4}{3}$ oder 3 zu 4.

Wir haben bisher gefunden, daß die Octave nichts anderes ist als das Verhältniß der Schwingungen 1 zu 2, die Quinte 2 : 3, die Quarte 3 : 4 und man wird aus dem Fortgange dieser Zahlen leicht den Schluß ziehen, daß das nächste Intervall sein müsse wie 4 : 5, dies ist das der großen Tertie.

Um sich von der Richtigkeit dieser Voraussetzung zu überzeugen, verschiebe man den Steg noch weiter links, bis *M* der fünfte Theil der ganzen Saite, *N* folglich $\frac{4}{5}$ ist; alsdann macht *N* $\frac{5}{4}$ Mal so viel Schwingungen als der Urton C und giebt die große Tertie E an, welches demnach durch das Verhältniß von 4 zu 5 ausgedrückt wird.

Das nächste einfache Verhältniß ist 5 : 6, welches ein etwas kleineres Intervall ist als 4 : 5. Man wird leicht von selbst darauf verfallen, daß es die kleine Tertie ist C zu Es; man kann sich nicht allein durch das Monochord hiervon überzeugen, indem man den Steg auf die Stelle setzt, wo *M* der sechste Theil der ganzen Saite, also *N* $\frac{5}{6}$ derselben ist und dieser Theil nun wirklich Es angiebt, sondern auch durch folgende Schlüsse: Wir haben gefunden, daß die Quinte G $\frac{3}{2}$ und die große Tertie E $\frac{5}{4}$ ist, zwischen E und G aber ist eine kleine Tertie, die also das Verhältniß $\frac{5}{4}$ zu $\frac{3}{2}$ giebt, was gleich $\frac{5}{4}$ zu $\frac{6}{4}$ oder 5 : 6 ist.

Wenn man so fortgeht, so kommt man auf das Verhältniß 7 : 6, ein Intervall, das etwas kleiner ist als 6 : 5; es fragt sich, was dies für ein Intervall sein wird. Man verfällt natürlich zuerst auf die Secunde D und es ist leicht, diese Vermuthung am Clavier sowohl zu prüfen, als auch an dem schon gefundenen Verhältniß FG, was die Secunde ist, nämlich das Intervall zwischen der Quarte und der Quinte $\frac{4}{3}$ und $\frac{3}{2}$.

Die Secunde giebt demnach das Verhältniß $\frac{4}{3}$ zu $\frac{3}{2}$ oder 8 : 9, welches kleiner ist als 7 : 6. $\frac{7}{6}$ ist daher ein Intervall, welches zwischen die Secunde und die kleine Tertie fällt, mithin in unserer gewöhnlichen Tonleiter nicht vorkommt, obgleich es, wie wir in der Folge sehen werden und wie auch die Folge der Zahlen beweist, zu den natürlichen Tönen gehört.

Die doppelte Octave vom Urton C oder das eingestrichene c (d. h. $\overline{c}$) verhält sich zu C wie 2 mal 2 zu 1, d. h. wie 4 : 1, und die Quinte davon oder das eingestrichene g ($\overline{g}$) zu C wie $\frac{3}{2}$ mal 4 zu 1, d. h. wie 6 : 1. Der gesuchte Ton 7 oder $\frac{7}{6}$ von g fällt also zwischen die Secunde und die kleine Tertie von g, dies ist zwischen $\overline{a}$ und $\overline{b}$, wovon man sich auch durch das Monochord überzeugen kann, wenn man *M* genau dem siebenten Theil der ganzen Saite, *also N gleich* $\frac{6}{7}$ derselben macht, da dann M

etwas niedriger als das eingestrichene b ist und *N* einen Ton angiebt, der zwischen D und Es liegt. Hieraus folgt sogleich, daß $^{8}/_{7}$ das Intervall zwischen diesen unbekannten Tönen (der zwischen den eingestrichenen a und b liegt) und der dreifachen Octave von C, nämlich $\overline{\overline{c}}$ ist. Diese Octave wird durch 2 mal 2 mal 2 oder 2^3, d. h. 8 ausgedrückt.

Das nächste Verhältniß ist, wie wir eben gesehen haben, $^{9}/_{8}$ oder die Secunde D.

Die große Sexte A kann man als die große Tertie der Quarte F ansehen oder c die kleine Tertie von A. Das erstere giebt für A $^{5}/_{4}$ mal $^{4}/_{3}$ oder $^{5}/_{3}$; das andere giebt c zu A wie 6 : 5, also c zu A wie 3 : 5 gleich dem ersteren. Die große Sexte ist demnach das Verhältniß wie 3 zu 5, welches auch mit dem Intervall zwischen G und c übereinstimmt. Es ist nämlich G $^{3}/_{4}$, E $^{5}/_{4}$ und e $^{3}/_{2}$, also das Intervall Ge $^{3}/_{2}$ zu $^{5}/_{4}$ oder 3 zu 5.

Die kleine Sexte As kann man als die kleine Tertie von F oder als die untere große Tertie von c betrachten; ersteres giebt $^{6}/_{5}$ mal $^{4}/_{3}$ oder $^{8}/_{5}$, letzteres $^{4}/_{5}$ mal 2, also gleichfalls $^{8}/_{5}$. Die kleine Sexte ist also das Verhältniß von 5 zu 8.

Die Septime H ist die große Tertie der Quinte G oder die Quinte der großen Tertie E, beides giebt $^{5}/_{4}$ mal $^{3}/_{2}$ oder $^{3}/_{2}$ mal $^{5}/_{4}$, d. h. $^{15}/_{8}$, die große Septime ist also das Verhältniß 8 zu 15 (wir sind der Octave schon sehr nahe gerückt, 8 zu 16 wäre diese).

Auf eben diese Art ist B die kleine Tertie der Quinte G, oder die Quinte der kleinen Tertie Es und beides giebt $^{6}/_{5}$ mal $^{3}/_{2}$ oder $^{18}/_{10}$, d. h. $^{9}/_{5}$. Hierdurch erhielte man zwar die Accorde Es-dur und G-moll rein, aber keine reine Septime, denn da D, F, G reine Intervalle sind, so haben wir schon zwei reine Septimen Gf und Dc und es ist G $^{3}/_{2}$, F $^{4}/_{3}$, also f $^{8}/_{3}$ und D $^{9}/_{8}$, c 2. Hieraus erhält man die Septime Gf $^{3}/_{2}$ zu $^{8}/_{3}$ oder 9 : 16 und Dc $^{9}/_{8}$ zu 2 oder ebenfalls 9 zu 16. Da nun die Basis dieser ganzen Rechnung ist, der Scala des Grundtons reine Intervallen zu geben, so muß man für die kleine Septime B das Verhältniß 9 zu 16 annehmen.

Es fehlen nur noch die halben Töne Fis und Cis; der erstere wird am natürlichsten so bestimmt, daß von den Tönen G und D, welches die zwei nächstfolgenden Quinten von C sind, der erstere eine reine große Septime und der letztere eine reine große Tertie erhält. Der erstere giebt für fis $^{15}/_{8}$ mal $^{3}/_{2}$, also für Fis $^{15}/_{16}$ mal $^{3}/_{2}$ oder $^{45}/_{32}$ und das andere $^{5}/_{4}$ mal $^{9}/_{8}$ oder ebenfalls $^{45}/_{32}$; eben so bestimmt man Cis vermittelst der folgenden Quinten A und E, indem man die Octave cis zur großen Tertie

n A und zur großen Sexte von E macht. Beides giebt für cis $^5/_4$ mal , oder $^{25}/_{12}$, also für Cis $^{25}/_{24}$.

Wir haben also folgende Verhältnisse jedes halben Tones zum Grund- n C gefunden.

1) Chromatische Tonleiter.

C.	Cis.	D.	Es (Dis).	E.	F.	Fis.	G.	As (Gis).
1,	$^{25}/_{24}$,	$^9/_8$,	$^6/_5$,	$^5/_4$,	$^4/_3$,	$^{45}/_{32}$,	$^3/_2$,	$^8/_5$,

A.	B.	H.	c.
$^5/_3$,	$^{16}/_9$,	$^{15}/_8$,	2.

Man wird bei diesem Verfahren wahrscheinlich die Bemerkung gemacht ben, daß die drei Intervalle der kleinen Septime B, der großen Quarte is und des halben Tones Cis auf eine etwas willkürliche Art bestimmt nd und daß die Zahl 7 auf eine auffallende Art übersprungen ist, indem an von $^6/_5$ unmittelbar zu $^9/_8$ überging und die Verhältnisse von $^7/_6$ und : ausließ; man hätte daher vielleicht besser gethan, statt die böse 7 weg- uwerfen, sich an die natürliche Folge der Zahlen zu halten, woraus auch irklich die sogenannten natürlichen Töne entstehen, d. h. diejenige, welche in guter Ansatz auf Blaseinstrumenten hervorbringt, wie Waldhorn und rompete, welche nicht mit den Fingern gespielt werden. Diese natürlichen öne, obgleich sie nicht ganz in unser angenommenes System passen, zeichnen ich doch so sehr aus, daß, wenn ein Virtuose auf dem Waldhorn einen ndern Ton mit dem Munde oder mit der Hand (durch Stopfen des Schall- richters) erzwingt, ein feines Ohr ihn sogleich unterscheidet. Sie geben ach der Reihe der Zahlen 1, 2, 3, 5, 7 und der aus ihnen zusammen- esetzten 4, 6, 8, 9, 12, 14 u. s. w. folgende

2) Natürliche Tonleiter.

1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10,	11,	12,	13,	14,	15,	16.
C,	c,	g,	c,	e,	g,	b,	c,	d,	e,		g,		b,	h,	c.

eingestrichen. zweigestrichen.

Diese Tonleiter giebt zu mehreren Bemerkungen Anlaß: 1) die Zahl 1 giebt nicht die reine Quarte, sondern fällt zwischen f und fis, so wie 3 weder die kleine noch die große Sexte rein giebt, sondern zwischen beide illt. 2) Die Töne, welche das Waldhorn ohne Zwang und Künstelei an- iebt, sind folgende: in der *untersten* Octave bloß der Grundton C, in der

nächsten Octave der Grundton mit seiner Quinte, in der dritten Octave außer diesen beiden Tönen noch die große Tertie und die kleine Septime, oder, was man den Septimenaccord nennt, in der vierten Octave die ganze diatonische Tonleiter oder die gewöhnliche Scala von C-dur. Die fünfte Octave würde die chromatische oder gar die enharmonische Tonleiter geben.

Wenn gleich in der vierten Octave das reine f und a des jetzt angenommenen Systems fehlt, so ist dies kein Vorwurf gegen die natürliche Tonleiter, sondern man wird vielmehr daraus schließen, daß in der natürlichen Scala, die wahrscheinlich auch die wohlklingendste ist, die Quinte etwas höher und die Sexte etwas niedriger genommen werden muß als in der Harmonie geschieht. Uebrigens fehlen diese reinen Intervalle in der natürlichen Tonleiter keineswegs; Gc ist eine reine Quinte $^{1}/_{3}$, Ge die große Sexte $^{5}/_{3}$, ec die kleine Sexte $^{8}/_{5}$. Man findet hier sogar die kleine Septime des gewöhnlichen Systems $^{16}/_{9}$, nämlich dc und da in den folgenden Octaven alle ganzen Zahlen vorkommen, so fehlen auch die Intervalle der chromatischen Tonleiter nicht wie $^{25}/_{24}$ und $^{45}/_{32}$.

Außerdem aber hat die natürliche Tonfolge Intervalle, die weder in unserer diatonischen Tonleiter noch in der chromatischen vorkommen $^{7}/_{4}$, $^{11}/_{7}$, $^{13}/_{8}$ u. s. w., sie ist also nicht allein natürlicher, sondern auch reicher als jede andere.

3) Die Töne, die uns angenehm und natürlich klingen, sind diejenigen, deren Schwingungen gegen einander in den natürlichen Verhältnissen der Zahlen stehen. Die Empfindung des Ohres oder das Vergnügen, welches die Seele in solchem Tone findet, besteht in der Auffassung solcher Verhältnisse und die Grundsätze der Melodie und der Harmonie sind nicht eingebildet und willkürlich, sondern in der Natur selbst begründet, so wie die Zahlen 1, 2, 3 u. s. w.

In der diatonischen Tonleiter C, D, E, F, G, A, H, c, sind alle Intervalle halber Töne einander gleich, E, F und H, c sind beide, wie man aus der Scala 1 sieht $^{16}/_{15}$, allein mit den ganzen Tönen verhält es sich anders. Die Intervalle C, D; F, G und A, H haben das Verhältniß $^{9}/_{8}$, D, E und G, A aber haben das kleinere Intervall $^{10}/_{9}$ und doch wird das Ohr dadurch nicht beleidigt oder es bemerkt den Unterschied nicht. Man hat diesen Unterschied für das kleinste Intervall angenommen, das von dem Ohre noch deutlich vernommen werden kann und es mit dem Namen Komma bezeichnet. Das erste Verhältniß des ganzen Tones $^{9}/_{8}$ ist einerlei mit $^{81}/_{72}$, das letzte kleinere ist $^{80}/_{72}$, der Unterschied ist $^{1}/_{72}$, also der 80ste oder 81ste des Intervalles selbst. Um diesen Unterschied aufzufassen, muß man schon ein sehr gebildetes musikalisches Ohr haben, es ist

nit wie mit dem Auge, welches auch geringe Unterſchiede in der Propor-
ı von Gegenſtänden, deren Anordnung, Form und Symmetrie ihnen ge-
t, nicht wahrnimmt.

Die hier angegebenen Verhältniſſe des Komma's ſind übrigens die
nften und Alles, auch Größeres, was wenig genug in ſeinem Zahlenwerthe
ı der Regel abweicht, um das Ohr nicht zu beleidigen, wird Komma
ıannt. Man ſchreibt die Auffindung und Bezeichnung gewöhnlich dem
eſten Theoretiker in der Muſik, dem Pythagoras zu.

Um ſich die Sache, welche ſogar Schriftſteller über die Muſik verwirrt
t, deutlich zu machen, ſtelle man ſich vor, daß zwiſchen C und D, welches
s große Intervall $^{81}/_{72}$ iſt, noch ein dritter Ton exiſtire, der nach dem
ineren Intervall $^{80}/_{72}$ geſtimmt iſt und den ich durch D′ bezeichnen werde.
ie Töne D und D′ verhalten ſich wie 81 zu 80 und ihr Intervall iſt
n dem Uniſono 1 oder $^{80}/_{80}$ nur durch den 80ſten Theil verſchieden.
as Intervall zweier Töne, wie D und D′, deren Schwingungen ſich wie
) zu 81 verhalten, heißt ein Komma, und man nimmt an, daß wenn zwei
)ne ſo geſtimmt ſind, daß in derſelben Zeit der eine 80 und der andere
l Schwingungen macht, das Ohr dieſelben für gleichgeſtimmt halten oder
ren Unterſchied nicht bemerken würde. Man kann demnach die Regel an-
hmen, daß jedes muſikaliſche Syſtem, welches ſich auf Intervalle gründet,
e kleiner als ein Komma ſind, zu verwerfen ſei, daß aber Intervalle, die
erklich größer ſind als ein Komma, nicht vernachläſſigt werden dürfen.

In der chromatiſchen Scala iſt $^{6}/_{5}$ die kleine Tertie Es. Sucht man
)er Dis als die kleine Secunde von D oder als die untere Octave der
)ßen Septime von E, ſo findet man $^{25}/_{24}$ mal $^{9}/_{8}$ oder $^{15}/_{16}$ mal $^{5}/_{4}$
ıd beides giebt $^{75}/_{64}$, welches Intervall kleiner iſt als $^{6}/_{5}$. Es iſt alſo
her als Dis und zwar um das Intervall $^{82}/_{80}$ oder ein doppeltes Komma.
ie kleine Sexte $^{8}/_{5}$ iſt dadurch beſtimmt worden, daß wir ſie als die kleine
ertie von F annehmen, ſie ſtellt alſo As vor. Man mag aber Gis als
: große Tertie von E oder als die große Septime von A anſehen, ſo
)et man $^{25}/_{16}$, welches kleiner als $^{8}/_{5}$ iſt und zwar verhält ſich $^{25}/_{16}$ zu
wie 80 : 82, mithin iſt das Intervall Gis As wie Dis Es $^{82}/_{80}$. Das
ıtervall $^{45}/_{32}$ iſt als die große Tertie von D gefunden, es ſtellt alſo Fis
r. Aber Ges als die kleine Tertie von Es giebt $^{36}/_{25}$ und $^{45}/_{32}$ verhält
) zu $^{36}/_{25}$ wie 80 zu 82, Ges iſt alſo höher als Fis, um daſſelbe In-
rvall. Eben ſo verhält es ſich mit den übrigen Halbtönen; diejenigen
ımlich, die durch Erniedrigung entſtehen, durch das b in der Muſik, ſind
rchgängig höher als diejenigen, welche durch Erhöhung, durch das Kreuz
ıtſtehen und zwar immer um ein doppeltes Komma. Da dieſer Unterſchied

der Grund des enharmoniſchen Syſtems iſt, welches die alten Griechen (die die Muſik wie einen Theil der Mathematik behandelten) ſehr wohl gekannt haben, ſo ſieht man, daß dieſes Syſtem nach obiger Regel ſehr wohl begründet iſt, weil es ein doppeltes Komma zur Baſis hat, auch haben es die großen Muſiker wie Haydn und Mozart oft mit der größten Wirkung benutzt.

Die natürlichſte Art, eine enharmoniſche Tonleiter zu finden, iſt die, zwiſchen jeden zwei Tönen der diatoniſchen Tonleiter zwei halbe Töne dadurch zu ſuchen, daß man den tieferen (z. B. D) um einen kleinen halben Ton erhöht und den höheren (E) um einen kleinen halben Ton erniedrigt. Da nun auf eben dieſe Art Es aus E entſteht, ſo iſt dieſes Intervall nichts anderes als der Unterſchied zwiſchen der großen und der kleinen Tertie $^{5}/_{4}$ und $^{6}/_{5}$, die nicht willkürlich, ſondern durch die natürliche Folge der Zahlen beſtimmt ſind. Es verhält ſich demnach Es zu E wie $^{6}/_{5}$ zu $^{5}/_{4}$ oder 24 zu 25, d. h. Es iſt $^{24}/_{25}$ von E und E iſt $^{25}/_{24}$ von Es. Man erhält alſo die enharmoniſche Tonleiter, wenn man jeden Ton der diatoniſchen Tonleiter C, D, E, F, G, A, H, c durch Multiplication mit $^{25}/_{24}$ erhöht und durch $^{24}/_{25}$ erniedrigt. So wird Cis $^{25}/_{24}$ von C, Des aber $^{24}/_{25}$ von D und hiernach erhält man folgende

3) Enharmoniſche Tonleiter.

C,	Cis,	Des,	D,	Dis,	Es,	E,	Eis,	Fes,	F,	Fis,
1,	$^{25}/_{24}$,	$^{27}/_{25}$,	$^{9}/_{8}$,	$^{75}/_{64}$,	$^{6}/_{5}$,	$^{5}/_{4}$,	$^{125}/_{96}$,	$^{32}/_{25}$,	$^{4}/_{3}$,	$^{25}/_{18}$,
Ges,	G,	Gis,	As,	A,	Ais,	B,	H,	His,	ces,	c.
$^{36}/_{25}$,	$^{3}/_{2}$,	$^{25}/_{16}$,	$^{8}/_{5}$,	$^{5}/_{3}$,	$^{125}/_{72}$,	$^{9}/_{5}$,	$^{15}/_{8}$,	$^{125}/_{64}$,	$^{48}/_{25}$,	2.

Bei dieſer enharmoniſchen Tonleiter iſt Folgendes zu bemerken: 1) Eis wird gegen die allgemeine Regel höher als Fes, und His höher als ces und zwar aus dem einfachen Grunde, weil zwiſchen H und c ſo wie zwiſchen E und F nur ein großer halber Ton, nicht ein ganzer liegt, von E nach Eis ein kleiner halber Ton, alſo die Mitte des Intervalls von E nach F überſchreitet, eben ſo zurück von F nach Fes zwar einen kleinen halben Ton, aber mehr als die Hälfte des Intervalls von F nach E beträgt. Gleiches gilt für H und c, bei den andern Intervallen von C nach D, von D nach E u. ſ. f. iſt immer ein ganzer Ton vorhanden und der kleine halbe Ton erreicht aufſteigend nicht den herabkommenden kleinen halben Ton ſeines Nachbarn. 2) Die kleinſten Intervalle ſind zwiſchen Fes und Eis und zwiſchen His und ces, aber ſie betragen doch beinahe anderthalb Kommata. Die Intervalle Dis zu Es, E zu Fes, Eis : F, Gis : As, H : ces, His : c

gen ein doppeltes Komma, die Intervalle Cis : Des, Fis zu Ges, B ein dreifaches Komma und die übrigen 10 Intervalle 3 ⅓ Komma. Die Töne C, Cis, Es, E, Fes, Eis, F, Fis, Ges, G, Gis, As, A, und ces haben reine Quinten, His hat gar keine Quinte und die übrigen Quinten haben $^{19}/_{27}$, welches sich zu der reinen Quinte $^{3}/_{4}$ verhält wie 81, so daß diese fünf unreinen Quinten gerade um ein Komma zu sind.

Schwebung und Temperatur der Töne.

Die chromatische Tonleiter, die bei unseren Clavieren zu Grunde liegt, lt 12 Töne, also auch 12 Intervalle von jeder Art. In der Scala 1 1 8 Töne, C, E, F, G, As, A, B und H vollkommen reine Quin- und mit Ausnahme von As, A und B auch reine Quarten. Drei ten von D, Es und Fis sind um ein Komma zu niedrig und die te Cis-Gis ist um ein doppeltes Komma zu hoch. Es giebt ferner eser Tonleiter 7 reine große Tertien, also auch kleine Sexten, ich CE — D-Fis und EsG — FA, GH, Asc, Acis. Die übrigen sind um ein einfaches oder doppeltes Komma zu groß. Eine reine e Tertie haben die sechs Töne C, Cis, E, F, A, H; bei allen übrigen n ist dieses Intervall um ein einfaches oder doppeltes Komma zu klein; mmen reine Duraccorde sind also nur C, F, Ges, As, A, reine Moll- de C, E, F, A, H, und nur die drei Töne C, F, A haben beides, reinen Dur- und einen eben so reinen Mollaccord.

Obgleich also diese Tonleiter für die gewöhnlichsten Töne wie C, F, ı rein genug ist, so weicht sie doch sehr von der Reinheit ab, wenn in jeder Tonart spielen will, wie es die neuere Theorie der Musik ert. Für den Sänger oder denjenigen, der ein Streichinstrument be- lt, macht dies keine Schwierigkeit, weil er bei gutem Gehör in jeder rt rein intoniren oder greifen wird. Er hat gleichsam über 12 ver- ne Instrumente zu disponiren, wovon das eine in C, das andere in u. s. w. rein gestimmt ist. Allein auf den Instrumenten mit festen ı, wie das Clavier und die Blaseinstrumente, würde die Wirkung uner- ch sein, weil der Fehler ein doppeltes Komma beträgt und weil die- Taste oder derselbe Griff mehrere Dienste leisten oder verschiedene nach dem enharmonischen System vorstellen soll, z. B. Dis und Es bermäßige Secunde und die kleine Tertie.

Man ist daher genöthigt gewesen, von der mathematischen Genauigkeit bigen Verhältnisse etwas nachzulassen, welches aber niemals mehr als

ein Komma betragen darf, ſo daß nun keine Tonart vollkommen rein, aber auch keine ſo unrein iſt, daß das Ohr dadurch beleidigt wird. Dieſes Nachlaſſen von der mathematiſchen Strenge iſt es, was man in der Muſik oder bei der Stimmung des Claviers Temperatur nennt und die Abweichung jedes Tones von ſeinem reinen Verhältniſſe, die dadurch entſteht, heißt ſeine Schwebung, die aber nie mehr als ein Komma betragen darf.

Die Muſiker haben eine Menge von Temperaturen erſonnen, die alle, wie billig, von dem Grundſatze ausgehen, daß die Octave vollkommen rein oder mit andern Worten: daß die Melodie im Baſſe nicht anders klingen müſſe als im Discant, und daß die Quinte ſo rein wie möglich gehalten werden müſſe. In der That wird das Ohr durch die geringſte Unreinheit in der Octave beleidigt und eine Schwebung der Octave würde eben die abſcheuliche Wirkung machen, als wenn im Orcheſter das Waldhorn oder der Contrabaß nicht genau mit der Violine ſtimmen. Auch iſt es gewiß, daß nächſt der Octave die Quinte diejenige Conſonanz iſt, für deren Reinheit das Ohr am empfindlichſten iſt, wie die Clavierſtimmer ſehr wohl wiſſen.

Reine, angeblich chineſiſche Temperatur. (Gleichſchwebende T.)

Die erſte Temperatur, auf die man verfallen könnte, iſt die, alle Quinten einander gleich zu machen. 12 auf einander folgende Quinten, CG, Gd u. ſ. w., führen wieder auf den Grundton C′ und dies letzte C iſt die ſiebente Octave vom erſten C, verhält ſich alſo zu denſelben wie 128 zu 1. Wäre nun aber jede Quinte rein oder $^3/_2$, ſo würde das letzte C ſich zum erſten beinahe wie 130 zu 1 verhalten; jede der 12 gleichen Quinten muß daher etwas kleiner als $^3/_2$ genommen werden, ſo daß 12mal wiederholt ſie genau das Verhältniß von 1 zu 128 giebt.

Stellt man dieſe Rechnung an, ſo findet man, daß jede Quinte $^{8819}/_{5906}$ ſtatt $^3/_2$ haben muß; $^3/_2$ aber auf obige Nenner gebracht, geben $^{8859}/_{5906}$. Dieſes $^1/_{800}$ beträgt, wie wir ſchon aus der Zahl $^1/_{800}$ hören, kaum den zehnten Theil eines Komma (was $^1/_{80}$ iſt). Das Intervall zwiſchen der echten reinen und der temperirten Quinte iſt mithin ſo klein, daß es unmerklich wird. Dieſe Temperatur ſoll die Baſis der chineſiſchen Muſik ſein, iſt es aber wahrſcheinlich nur in ihren mathematiſchen Speculationen über die Kunſt oder in den Erzählungen der jeſuitiſchen Miſſionaire. Die Theorie der Muſik mag dieſes ernſte, ſehr nachdenkende Volk wohl bis auf ſolche Feinheit der Berechnung getrieben haben, in der Ausübung ſind ſie Stümper, wie es wenige auf Erden giebt, und keines ihrer

uns bis jetzt bekannt gewordenen Inſtrumente hat eine Ausbildung erreicht, welche ihrer Theorie parallel wäre. Dieſe Temperatur kommt übrigens ganz nahe mit der folgenden überein, welche von Marpurg (einem der größten Theoretiker in muſikaliſchen Wiſſenſchaften während der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts) vertreten worden iſt.

Nach dieſer gleichſchwebenden Temperatur ſind alle zwölf halbe, folglich auch alle ſechs ganze Töne der Octave und überhaupt alle Intervalle, die Quinten, Tertien u. ſ. w. einander vollkommen gleich. Daraus folgt, daß der ganze Ton oder die große Secunde CD, DE, EFis u. ſ. w. der Zahl gleich ſein muß, welche ſechsmal mit ſich ſelbſt multiplicirt die Octave oder die Zahl 2 giebt. Der halbe Ton CCis wird die Zahl ſein, die mit ſich ſelbſt multiplicirt den ganzen Ton giebt. Das Intervall eines ganzen Tones läßt ſich demnach ſehr genau durch das Verhältniß $^{889}/_{792}$ ausdrücken, welches zwiſchen $^{880}/_{792}$ und $^{891}/_{792}$ oder zwiſchen zwei ganzen Tönen der diatoniſchen Tonleiter $^{1}/_{9}$ und $^{2}/_{9}$ liegt, ſo daß der Fehler weniger als ein Komma beträgt.

Dieſe Temperatur hat unſtreitig den Vorzug, daß alle 12 Tonarten ſowohl in Dur als in Moll, wenn gleich nicht vollkommen genau, doch ſo rein ſind, daß das Ohr den Fehler nicht bemerken kann. Allein außer der Schwierigkeit, alle halben Töne des Claviers genau nach einem Verhältniſſe zu ſtimmen, das ſich nur durch ſehr große Zahlen $^{2120}/_{2001}$ ausdrücken läßt, oder alle Quinten nach dem Verhältniſſe $^{8849}/_{5906}$, iſt der Umſtand, daß eine Tonart genau ſo rein wie die andere, daß es alſo ganz gleichgültig iſt, aus welchem Tone ein Stück geſetzt wird, von der Art, daß gewiß alle Componiſten unſeres Jahrhunderts dieſe Temperatur allein deswegen verwerfen werden. Es iſt in der neueren Muſik allgemein angenommen, daß jede Tonart ihren beſonderen Charakter habe und nicht ohne Grund, wenn gleich wie gewöhnlich viel Uebertreibung und Einbildung dabei mit im Spiele iſt. Man ſpricht immer von dem prachtvollen Es-Accord, von dem ſanften F, von dem brillanten E ꝛc., aber Niemand giebt einen Grund hierfür an oder denkt daran, daß die Wirkung jeder Tonart ſich nur auf ein ſo oder anders temperirtes Clavier, auf dieſes oder jenes Blaſeinſtrument beziehen kann und bei der Singſtimme gar nicht ſtattfindet, weil der Sänger in jeder Tonart nach dem Gehör rein intoniren wird.

Indeſſen iſt es wohl gewiß, daß die einmal gewählten Tonarten dem Componiſten eigenthümliche Ideen angeben, daß er z. B. anders aus Es als aus Fis componiren wird, und wenn wir gleich die Sache nicht erklären können, ſo iſt doch nicht zu läugnen, daß der verſchiedene Charakter jeder Tonart, ſelbſt wenn er dem Componiſten unbekannt iſt, die Muſik in der

That bereichert, weil dadurch eine Mannigfaltigkeit und Abwechſelung, beſonders bei den Uebergängen aus einer Tonart in die andere entſteht, die bei vollkommen gleicher Reinheit aller Töne ſich gar nicht denken läßt. Dies äußert ſich am ſtärkſten bei den Blaſeinſtrumenten, auf denen man trotz der Vermehrung der Klappen es doch glücklicherweiſe nicht hat dahin bringen können, daß alle Töne vollkommen rein ſind. Jedes Blaſeinſtrument hat daher ſeine Favorit- und ſeine ungünſtigen Tonarten (dies ſpringt am meiſten bei der Clarinette ins Gehör), auf den Saiten- (Streich-) Inſtrumenten klingt die bloße Saite anders als der gegriffene Ton, jede Tonart wird alſo nach der Fingerſetzung, die dabei gebraucht wird, eine verſchiedene Wirkung machen. Auf dem Clavier, der Harfe, der Guitarre und der Orgel klingen dagegen alle Töne gleich und man kann dieſen Inſtrumenten den Vorzug, welchen die übrigen durch den eigenthümlichen Charakter der Tonarten haben, nur durch eine ungleiche Temperatur geben.

Ungleich ſchwebende Temperatur.

Aus ſolchem Grunde iſt die bisher betrachtete gleich ſchwebende Temperatur allgemein verworfen worden, und ihr vornehmſter Gegner Kirnberger, Hofmuſikus in Berlin und der größte Contrapunktiſt und Theoretiker in der Kunſt der Muſik, ſetzte an ihre Stelle eine Tonleiter von C, in welcher zwar die Töne C, D, E, F, Fis, G, B, H genau ſo geſtimmt ſind wie in der chromatiſchen Tonleiter, Cis aber um ein Komma, A um ein halbes Komma höher als dort, Es und As aber genau um ein Komma niedriger ſind.

Auf einem ſo temperirten Clavier giebt es 9 reine Quinten, eine mehr als in der chromatiſchen Scala, die übrigen 3 Quinten DA, Fiscis und Ae ſind zu klein. Reine große Tertien haben nur die Töne C, D, G; reine kleine Tertien E und H, alle übrigen großen Tertien ſind zu groß, die kleinen Tertien zu klein. Es folgt hieraus, daß nur die Duraccorde von C und G und die Mollaccorde von E und H vollkommen rein ſind und daß kein Ton zugleich Dur- und Mollaccord rein hat. Die unvollkommenſten Accorde ſind A und Fis, weil beide nicht allein eine unreine Quinte, ſondern auch eine unreine große und kleine Tertie haben. Durch dieſe Unreinheit unterſcheidet ſich A und Fis ſowohl in Dur als in Moll von allen übrigen Accorden, ſo wie die Duraccorde von C und G und die Mollaccorde von E und H ſich durch ihre Reinheit auszeichnen.

Die Tonart D hat das beſondere, daß ſie im Moll eben ſo unrein iſt wie A und Fis in Dur, aber eine reine Tertie bei unreiner Quinte

t. Alle übrigen Accorde, nämlich F, B, Es, As, Des oder Cis ſind ar in Dur und Moll unrein, haben aber doch eine reine Quinte, unter ten ſind die Duraccorde B, Es, As und Cis einander gleich und etwas niger rein als F. Die Mollaccorde Es und As ſind am wenigſten un- n, Cis am meiſten.

Vortheile der ungleich ſchwebenden Temperatur.

Es würde leicht ſein, eine Menge anderer Methoden zu erfinden, wie s Clavier auf eine wohlklingende Art temperirt werden kann, und faſt er Clavierſtimmer befolgt (meiſtentheils ohne es zu wiſſen) ein beſonderes yſtem der Temperatur.

Es lag in der Abſicht, durch die vorliegende Erklärung der Kirn- rger'ſchen Methode zu zeigen, wie jede Tonart auf der Orgel oder dem ano ihren eigenthümlichen Charakter erhält und dennoch iſt hier nur auf : Quinte und die Tertie Rückſicht genommen, aber auch die übrigen In- valle oder die jeder Tonart eigenthümliche Scala oder Gamme (fran- ſiſche Benennung) trägt ſehr viel zum Charakter bei. Hierzu kommt nun ch die Verſchiedenheit der Tonarten, die jedem Tone am nächſten ver- ndt ſind oder in welche der Componiſt gewöhnlich übergeht. Die Accorde n C-dur und G-dur machen dieſelbe Wirkung, aber der Uebergang von m erſteren in das unreine A-moll und des letzteren in das reine E-moll üſſen nothwendig verſchiedene Wirkung hervorbringen.

Man ſieht hieraus, welche unendliche Mannigfaltigkeiten und neue chönheiten der Muſik durch dieſe verſchiedenen Combinationen entſtehen, : bei gleich ſchwebender Temperatur gar nicht ſtattfinden würden. Es iſt ihr, daß Alles dieſes ſich nur auf die Orgel und das Clavier bezieht und f die menſchliche Stimme gar nicht anwendbar ſcheint, allein wenn ein inger von feinem Gehör in jeder Tonart rein intonirt, ſo wird ein Sänger n Gefühl durch die Empfindung oder die Worte, die er ausdrückt, hinge- ſen von ſelbſt, vielleicht ohne es zu wiſſen, die Intervalle auf mannig- tige Art temperiren. Dem Componiſten für das Orcheſter bietet ſich in n eigenthümlichen Charakter jedes Inſtrumentes, in den verſchiedenen narten, die auf jedem Blaſeinſtrumente mehr oder weniger rein ſind, ein ues Feld dar, welches in früherer Zeit vielleicht von Niemandem beſſer nutzt iſt als von Haydn, dem großen Kenner des Orcheſters, in neuerer

Zeit aber in Spontini, Weber und Meier Beer*) Componisten gefunden hat, welche die Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Instrumente auf eine Art auszubeuten gewußt haben, wie es nie vorher geschehen.

Alte Musik.

Indessen sind unerachtet der Temperatur alle Tonarten der neueren Musik einander so ähnlich, daß die Eigenthümlichkeit einer jeden gar nicht mit der zu vergleichen ist, die bei der alten griechischen Musik stattfand. Die Griechen hatten ursprünglich nur vier Saiten auf ihrer Leier, die nicht durch Greifen verändert und nach den zwei Quarten Ac, ca oder nach zwei Quinten Ac, da gestimmt wurden. In der Folge füllten sie die Lücken aus, so daß die diatonische Scala von C entstand, nämlich A, H, c, d, e, f, g, a. Nach unserem neuen System hätte man diese Töne nur zu C-dur oder A-moll gebrauchen können, die Griechen aber gebrauchten sie zu jeder Tonart; so sieht man leicht, welche sonderbare Wirkung daraus entstehen mußte und wie verschieden die Tonleiter und der Charakter sein mußte. In der That würde ein durch die neuere Musik gebildetes oder verwöhntes Ohr es schwerlich haben ertragen können, wenn das Orchester aus E-dur intonirte und keine anderen als die obigen Töne gebrauchte. Indessen muß man gestehen, daß die altschottischen Balladen, die wahrscheinlich nach einem ähnlichen System gesungen wurden, einen eigenthümlichen Reiz und eine gewisse Wildheit des Charakters haben, welche sie ergreifender macht als die meisten neueren Compositionen mit all ihrer Regelmäßigkeit. Dieser Reiz liegt freilich allein in der Melodie, deren ungewöhnliche, unerwartete, sogar bizarre Modulationen stärker zum Herzen reden als der gewöhnliche hundertmal gehörte Gang, dessen Ende schon der Anfang errathen läßt.

Freilich beugt sich dieser wilde Gesang nicht leicht unter die Regeln unserer Harmonie und es ist wahrscheinlich, daß deswegen die Griechen die Harmonie gar nicht kannten, weil ihre Musik derselben gar nicht fähig war. Indessen hat doch Haydn vermocht, dem unveränderten melodischen Gange der schottischen Balladen eine schöne und reiche Harmonie unterzulegen und sie so theils dem mehrstimmigen Gesange, theils der Instrumentalbegleitung zugänglich zu machen. Es ist dies vielleicht das höchste, was

*) So, und nicht wie er gewöhnlich geschrieben wird Meierbeer, lautet der Name. Die drei Brüder heißen: Michael Beer, der verstorbene Dichter, Wilhelm Beer, der verstorbene Astronom und Meier Beer, der noch lebende Componist.

der Musik geleistet worden, wenn man nicht unter den Zigeunern in garn und der Wallachai noch kühnere Instrumentalisten findet, denn es außerordentlich, was einige ihrer musikalischen Genies in der Instrumen- ung der wallachischen und serbischen Nationalgesänge geleistet haben.

Die schottischen Balladen sind wahrscheinlich die ältesten Nationalge- ge, welche wir kennen, aber sie haben noch eine andere historische Merk- rdigkeit. Sie sind zuerst gesammelt (vielleicht zum Theil componirt, meint hubert) von dem einzigen Musiker außer David und Nero, der eine lle in der Geschichte gespielt hat, nämlich von dem Piemontesen David zzio, der von einer Stelle in der Capelle der unglücklichen Maria uart sich zu ihrem Günstlinge und mächtigsten Vertrauten erhob und von em brutalen Gemahl und mehreren schottischen Lords an der Tafel der nigin, von ihren Armen bedeckt, auf die unmenschlichste Weise ermordet rde.

Als die alte Geschichte Schottlands und die ehemaligen Sitten dieses rwürdigen Landes durch die leider beinahe vergessenen Mac Pherson'schen sänge Ossian's und die reichhaltigen, auf historischem Grunde ruhenden mane Walther Scott's recht allgemein bekannt geworden, wäre es lleicht an der Zeit gewesen, eine Sammlung dieser altschottischen Balladen auszugeben, jetzt hat sich das Interesse an Land und Volk schon so sehr loren, daß man die darauf bezüglichen Romane kaum mehr kennt und aupach's satyrische Anspielungen auf die Scothomanie in seinen Schleich- ndlern kaum mehr versteht.

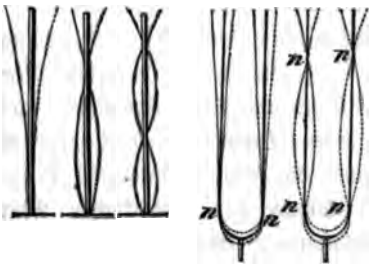
Anzahl der Schwingungen.

Das bisher Gesagte lehrt lediglich die Verhältnisse kennen, die ischen den Schwingungen der mancherlei Töne stattfinden, aber nicht die rkliche Anzahl der Schwingungen, die jeder Ton in irgend einer Zeit cht. Wir wissen, daß die Octave zweimal, die Quinte anderthalbmal viel Schwingungen macht als der Grundton, aber wie viele macht denn ser? Mit Savart haben wir auf diese Frage bereits im Voraus durch geantwortet, daß wir die Speichen- und die Radsirenen anführten, t Scheibler dadurch, daß wir die Schläge oder Battements zählten, lche zwei Stimmgabeln mit einander machen, wir können aber noch eine itte Methode anführen, die der Schwingungen von elastischen Stäben.

Die Art ihrer Schwingungen richtet sich darnach, wie sie befestigt sind; können nach Art der Stäbe bei der Glasharmonika in der Gegend der notenpunkte aufliegen, sind also an beiden Enden frei, dann schreiten sie an beiden Enden aus oder sie sind gleich einer Saite befestigt, dann

schwingen sie auch wie eine Saite, oder sie sind endlich nur an einem Ende befestigt, dann können sie, wie die hier gegebene Zeichnung zeigt, auf eine

Fig. 268. Fig. 269.



Weise schwingen, daß sie nur einen Knotenpunkt an einem Ende haben oder daß sie einen zweiten in ⅓ der Länge vom freien Ende zeigen, oder sie haben drei Knotenpunkte, wie die dritte Zeichnung der Fig. 268 andeutet, so daß an dem freien Ende ein Abschnitt gleich ⅕ der ganzen Länge frei schwingt und zwei Schleifen entstehen. Es ist bei sehr langen Stäben möglich, noch mehr Knoten hervorzubringen, für uns ist jedoch nur der erste Fall von Wichtigkeit, da wir den Stab an einem Ende eingeklemmt sehen und er hin und her schwingt, ohne weiter einen Knoten zu machen, auch findet diese Schwingungsart allein Anwendung zu Stimmgabeln und musikalischen Instrumenten. Die Fig. 269 zeigt die Schwingungen zweier Stimmgabeln, deren eine zwei Knotenpunkte *n* hat, die andere aber vier. Wenn die Stimmgabeln ungeschickt lang sind, so findet diese letzte Schwingungsart statt, man sucht sie jedoch zu vermeiden, indem so erzeugte Töne leicht unrein werden.

Wenn man einen Metallstab an einem Ende festhält (einklemmt oder durch Umgießen mit einem andern leicht flüssigen Metalle befestigt) und er hat die nöthige Länge, so sieht man ihn langsame Schwingungen machen, je nach der Länge und Stärke drei, vier oder mehr Schwingungen in der Secunde.

Verkürzt man den Stab mehr und mehr, so werden seine Schwingungen häufiger, aber in einem anderen Verhältniß als bei den Saiten. Diese nämlich erreichen bei gleicher Spannung und halber Länge die Octave, elastische Stäbe erreichen bei derselben Verkürzung die Doppeloctave, sie schwingen also bei der Verkürzung um die Hälfte nicht doppelt so schnell, sondern viermal so schnell.

Auf dieses feststehende, durch Versuche genau ermittelte Schwingungsverhältniß gestützt, ist man berechtigt anzunehmen, daß die Längen vibrirender elastischer Stäbe uns ein Mittel geben werden, die Anzahl der Vibrationen, welche zu den verschiedenen Tönen nöthig sind, zu finden und man sagt nun: dieser Stab macht zwei Schwingungen in der Secunde, man sieht sie deutlich und kann sie sehr gut zählen, er wird verkürzt und macht vier, fünf und mehr Schwingungen, endlich kann man acht derselben, nämlich

vier nach rechts und vier nach links noch ganz deutlich zählen. Mißt man nun die Länge des Stabes, so wird man finden, daß er von da, wo er zwei Schwingungen, bis dahin, wo er acht derselben machte, genau um die Hälfte verkürzt worden ist.

Noch ist kein Gedanke eines Tones zu hören; man fährt aber mit der Verkürzung des Stabes fort und endlich vernimmt man einen außerordentlich tiefen, summenden Ton, den ersten Anflug eines solchen, der das Ohr trifft.

Man mißt abermals und findet den Stab wieder um die Hälfte verkürzt, also in seiner Schwingungsanzahl um das Vierfache vermehrt, d. h. statt 8 Schwingungen macht er 32, und so sagt man mit Recht, der tiefste Ton, der gehört werden kann, fordert 32 Schwingungen in einer Secunde.

Dieser tiefste hörbare Ton kommt mit demjenigen überein, welchen eine offene Orgelpfeife von 32 Fuß Länge giebt, dasjenige C, welches um 2 Octaven tiefer ist als das tiefste C auf dem Violoncell. Wenngleich dieser Ton nebst seiner ganzen höheren Octave, ja noch weiter, beinahe bis zur Grenze der zweiten Octave zu tief ist, um durch das Ohr genau aufgefaßt werden zu können, so geben die benachbarten höheren Octaven ein leichtes Mittel an die Hand, theils aus der Höhe im Vergleich mit der Länge, die Töne zu bestimmen, welche so langsame Schwingungen machen müssen, theils den Ton selbst zu hören, indem man ihn mit seiner höheren Octave zusammen bringt, wodurch er selbst Färbung erhält und gehört werden kann. Was die Schwingungszahl der tiefsten Orgelpfeife betrifft, so ist es allerdings merkwürdig, daß sie, die 32 Schwingungen (16 Verdichtungen und 16 Verdünnungen) in der Secunde macht, gerade 32 Fuß lang ist; allein es ist nur zufällig, daß es so ist, nämlich daß diese Pfeife 32 Fuß lang ist, kommt nur davon her, daß unser Fußmaß (das preußische oder rheinische) gerade 32mal in der Länge solcher Pfeife aufgeht, in Frankreich, England, Oesterreich, Würtemberg ꝛc. ist dies nicht der Fall, in Frankreich hat diese 32mal schwingende Orgelpfeife nur 31 Fuß Länge, in Würtemberg hat dieselbe beinahe 35 Fuß, hier ist das Fußmaß kleiner, in Frankreich größer als bei uns, ja, was noch beinahe schlimmer ist, die Stimmung ist verschieden in verschiedenen Ländern und zwar gar nicht unbedeutend; nach den Original-Stimmgabeln des a verschiedener Orchester, welche Spontini dem bekannten Physiker und Mathematiker Fischer in Berlin zur Untersuchung übergab, hat das Théâtre italien in Paris die niedrigste und das Opernhaus in Berlin die höchste Stimmung, sie weicht bei dem a um 26 Schwingungen in der Secunde ab, da dieser Ton aber in der Secunde 848 Schwingungen macht, so beträgt dies schon $^1/_{34}$, also beinahe 3 Komma, welches sehr deutlich hörbar ist, und sobald es sich um Longitudinalschwin-

gungen handelt, wie bei Orgelpfeifen, einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Länge hat.

Grenzen hörbarer Töne.

Gehen wir nochmals von dem tiefsten Orgelton aus, welcher 32 Schwingungen macht, so finden wir dessen Octave (die Töne der 16füßigen Pfeife) auf dem Contrabaß, welcher deshalb auch ein 16füßiges Instrument genannt wird, so wie das Cello ein 8füßiges, weil dessen C mit 128 Schwingungen den Tönen der 8füßigen Orgelpfeife gleichkommt; das niedrigere Contra B des Fagotts, welches ein sehr schöner reiner Ton ist, hat 114; das unterste C der Bratsche steht wieder um eine Octave höher als dasjenige des Cello's, es hat 256 Schwingungen; das tiefste G der Geige 384, das D der Flöte 576, das A der Violine, nach welchem gewöhnlich gestimmt wird, hat 854 (im Berliner Orchester 874, nach welcher Zahl sich natürlich alle andern Angaben modificiren würden, sie sind gestützt auf die Pariser Orchester der italienischen Oper), das viergestrichene C, welches eine Orgelpfeife von 3 Zoll vorausfetzt, macht 4096 Schwingungen und den höchsten Ton, den eine Sängerin im Falset angeben kann und welcher eine Orgelpfeife von 1 ½ Zoll Länge vorausfetzt, fordert 8192 Vibrationen der Stimmbänder.

Man kann das Contra B und das fünfgestrichene C als die Grenzen aller fingbaren und melodischen Töne ansehen, so daß das ganze Gebiet unserer Musik aus 6 Octaven oder 75 Tönen besteht, die 114—8200 Schwingungen in einer Secunde machen, es giebt jedoch noch Töne, die außerhalb dieser Grenzen liegen, allein man erkennt sie einzeln nicht mehr deutlich, daher es auch sehr schwer ist, dieselben zu stimmen, wiewohl unsere schönen Flügel 6 ½ Octaven haben. Dennoch hat unsere vollkommenste Orgel über diese Grenzen hinaus noch zwei Octaven in der Tiefe und eben so viel in der Höhe, von 32 Fuß Länge bis zu $^1/_{32}$ Fuß, d. h. kaum $^1/_3$ Zoll, oder dem Klange nach vom Contra C bis zum siebengestrichenen C, welches 10 Octaven ausmacht. Solche Töne würden *allein* keine Wirkung thun und nicht verstanden werden, aber mit den höheren und niederen Octaven verbunden werden sie verständlich und dienen zu einer Verstärkung, die besonders in der Tiefe eine große Wirkung macht wie das Pedal der Orgel und die tiefsten Töne des Contrabasses, die nur durch die Begleitung des Manuals oder des Violoncells deutlich bestimmt werden.

Der obige Versuch mit der metallenen Stange beweist, daß es Schwingungen giebt, die so langsam sind, daß unser Ohr sie nicht empfindet und dies läßt vermuthen, daß es auch Schwingungen giebt, die wir wegen ihrer

zu großen Geschwindigkeit nicht hören können; dies wären denn unhörbare Töne, über welche schon Herschel geschrieben und welche die Alten sich vielleicht bei der Harmonie der Sphären gedacht haben und welche es wohl geben mag, wie wir oben bereits bemerkt, so wie es Lichtstrahlen giebt, die nicht sichtbar, wohl aber chemisch wirksam und wärmeerregend sind und zwar in einem höheren Grade als die sichtbaren selbst. Was wir die Hörbarkeit der Töne nennen, kann sich begreiflich nur auf den Menschen beziehen, von der Empfindlichkeit des Gehörorganes der meisten Thiere haben wir ja nicht einmal entfernte Begriffe.

Zweck der Zählung der Schwingungen.

Diese Zählung der Schwingungen ist keine leere Speculation, es verhält sich damit wie mit den Maßen und den Gewichten; unsere Ellen und Toisen, unsere Pfunde und Centner ändern sich, ohne daß wir es merken. Die Gradmessungen der alten Griechen haben wenig Werth für uns, weil wir ihr Studium nicht genau kennen, so auch können wir ihre Musik nicht richtig beurtheilen, weil wir nicht wissen, wie hoch ihre Leier, ihr Tetrachordon, ihre Flöten gestimmt waren und nicht besser würde es den schönsten Compositionen unserer Zeit nach Jahrhunderten gehen, wenn ein barbarisches oder ein unmusikalisches Zeitalter bis dahin einträte. Allein nach Jahrtausenden können diese Compositionen eben so aufgeführt werden wie jetzt, weil unsere Zeitgenossen sich die Mühe gegeben haben, die absoluten Zahlen jedes Tones, jeder Note zu bestimmen. Hätten die Alten das Nämliche gethan oder hätten sie vielmehr die dazu nöthigen physikalischen und mathematischen Kenntnisse gehabt (denn an Neigung zu solchen Untersuchungen fehlte es wenigstens den Griechen nicht), so wüßten wir jetzt, aus welchem Tone und in welcher Octave die Hymne an die Nemesis gesungen ward und die Antiquare würden das Vergnügen haben, denselben Ton angeben zu können, durch den die musikalische Tuba die römischen Legionen in's Treffen rief.

Auf ähnliche Art werden unsere Messungen der spätesten Nachwelt von Nutzen sein, wenngleich Meter- und Normalmaßstäbe verloren sind, weil sie sich immer wieder herstellen lassen, nämlich durch eine Gradmessung (Mètre oder Meter ist der zehnmillionste Theil eines Quadranten des durch Paris gehenden Meridians) oder durch eine Pendelbeobachtung in Berlin, London oder Paris. (Derjenige Pendel, welcher in der Zeit, in welcher die Erde sich einmal um ihre Axe dreht, 86,164 Schwingungen macht, giebt 3 Fuß, 86,400 ist die Zahl der Secunden im Laufe eines mittleren Sonnentags.)

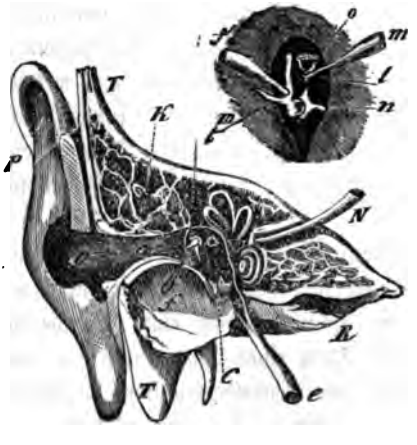
Selbſt den Bewohnern anderer Planeten, wenn wir mit ihnen Gemeinſchaft hätten, könnten wir durch dieſe Zahlen und nur dadurch eine Idee von unſerer Muſik geben, denn ohne Zweifel giebt dieſelbe Saite, dieſelbe Pfeife oder Stimmgabel auf dem Saturn einen andern Ton als auf der Erde, weil dort die Schwere und die Atmoſphäre von der unſrigen verſchieden iſt, auch ſind wahrſcheinlich die Orcheſter und die Ohren der Saturnsbewohner anders geſtimmt, allein eine Saite, die in einer irdiſchen Zeitſecunde 850 Schwingungen macht, müßte dennoch dort ſo gut das a geben wie bei uns.

Das Gehör.

Das Organ des Hörens iſt eine wunderbar zuſammengeſetzte Maſchine und wir ſind noch weit von der genauen Kenntniß ihrer einzelnen Theile entfernt, Vieles iſt noch unerklärt und wenn der Anatom auch ſagt: dieſes Knöchelchen dient hierzu, jenes zu dem Zweck, ſo iſt doch ein ſo klares Bild, wie z. B. wir von dem Auge und der Wirkung deſſelben haben, noch immer zu wünſchen; was aber wir davon wiſſen, wollen wir in kurzen Worten zu geben ſuchen.

Das äußere Ohr, deſſen Form ein Jeder kennt, darf wohl nicht erſt beſchrieben werden, es iſt die Schalltrompete, es iſt das große Thor, durch welches die Schallſtrahlen eindringen und in das Innere geleitet werden ſollen.

Fig. 270.



Dieſes Innere befindet ſich in einem Theil des Schläfeknochens *TT*, welcher ſich tief nach dem Innern des Kopfes fortſetzt *TR* und wegen ſeiner außerordentlichen Feſtigkeit und Härte das Felſenbein genannt wird. Aeußerlich von *T* nach *T* iſt dieſer Knochen mit der Haut des menſchlichen Kopfes überzogen, an welchem ſich die Ohrmuſchel *P* anſetzt, inwendig, wo die Buchſtaben *TKtN* laufen, ruht auf dieſem Knochen die Baſis des Gehirns.

Mitten in dieſes Felſenbein führt ein Gang, welcher äußerlich mit der Muſchel *c* beginnt und etwas vorwärts und aufwärts geneigt und verengert

Paukenhöhle erſtreckt. Der Gehörgang iſt mit *ca* bezeichnet, die
höhle iſt nebenbei etwas größer gezeichnet, ihre Lage in der Geſammt-
der Buchſtabe ..... *C* an. Sie iſt in das Felſenbein ge-
mehr als halbrund, mit Luft gefüllt und von dem äußern Ohr durch
ine Haut, das Trommelfell *t* getrennt.

Dieſe Paukenhöhle hat vier Oeffnungen. Die eine derſelben leitet zu
Schlauch *e*, den man die euſtachiſche Röhre nennt, welche in dem
grund der Naſencanäle mündet, es ſoll dadurch die Verbindung der
m Innern der Paukenhöhle mit der äußeren Luft erhalten werden.
Zwei andere Oeffnungen, von ihrer Form das ovale Fenſter und das
Fenſter genannt, liegen dem Trommelfell gegenüber, ſie ſind durch
eine Häutchen geſchloſſen, endlich iſt die vierte Oeffnung in der Höhe
Paukenhöhle angebracht und ſie dient zur Verbindung dieſer letzten mit
Zellen, welche in dem Felſenbein liegen.

In der Paukenhöhle (welche neben der größeren Zeichnung zu ſehen)
vier kleine, eigenthümlich geformte Knöchelchen, welche eine Kette bil-
ſammenhängen. Sie ſind hier in natürlicher Größe dargeſtellt (die
Zeichnung hat nur $\frac{3}{4}$ der natürlichen Größe); das erſte Knöchelchen
der Hammer, eine ſeiner drei Vorragungen iſt mit dem Trommelfell
den, es giebt dieſer Hammer die Bewegungen, welche das Trommel-
rch die Lufterſchütterungen erhält, weiter; ein zarter Muskel hält den
ner gegen die Trommelhaut gedrückt. Zunächſt dem Hammer liegt
mbos *n* und das linſenförmige Bein *l*, daran ſchwebt der Steigbügel *o*.
ovale Blatt deſſelben nach oben gerichtet, ſchließt das ovale Fenſter
wird durch den Muskel *m'* dagegen gedrückt. Dieſe Theile mit der
nhöhle, welche ſie einſchließt, nennt man das mittlere Ohr.

Das innere Ohr umfaßt das Labyrinth, welches aus mehreren Win-
n und Höhlungen in dem Felſenbein beſteht und der wichtigſte Theil
Gehörorganes zu ſein ſcheint. Das Veſtibule oder der Vorhof *v* ſchließt
unächſt an die Paukenhöhle und hängt damit durch das ovale Fenſter
men. Daran ſchließen ſich die drei halbkreisförmigen Canäle und die
cke, ein ſpiralförmig um einen knöchernen Stamm gewickelter Gang,
wie eine kleine Landſchneckenſchale geſtaltet. Die Canäle und Höhlen
mit einer Flüſſigkeit und einem Gallert gefüllt und von Säckchen mit
n Flüſſigkeiten umgeben, auf denen und innerhalb deren ſich die äußerſten
n der Gehörnerven ausbreiten. Das ovale Fenſter iſt, wie bereits ge-
verſchloſſen durch ein zartes Häutchen und den darauf ruhenden Fuß
Steigbügels, es führt zu den mit Flüſſigkeit gefüllten Canälen, das
Fenſter bildet den andern Ausgangspunkt dieſer Canäle, es dient, um

der durch den Druck des Steigbügels zusammengepreßten Flüssigkeit zum Entweichen zu gestatten, indem sie das Häutchen, welches dieses schließt, so weit spannt, als sie (die Flüssigkeit) durch den Druck des bügels verschoben wird. Von dem Trommelfell aus geht nun bewußtsein des Hörens Folgendes vor sich:

Durch den Ton, den Schall, wird das Trommelfell in Vibrati setzt; dasselbe theilt durch die Kette kleiner Knöchelchen diese Erschütte den Flüssigkeiten in dem Labyrinth mit, welche sich dabei hin un schieben, durch diese Bewegung wahrscheinlich den Gehörnerv, dessen f Endfaden in dieser Flüssigkeit schweben, reizen und durch eben diesen das Bewußtsein „ich höre!" in uns erwecken. So scheint die Sache liegen, allein ganz gewiß ist noch Vieles uns so verborgen, daß wir immer trotz der scharfsinnigsten und zum Theile mikroscopischen Untersuchung unserer besten Anatomen noch immer sagen müssen: es scheint.

Die Unregelmäßigkeit der Formen in der Kette kleiner Knöchelch welche im Innern des Ohres wirken, so wie die Verschiedenheit der Win unter denen sie an einander stoßen, hindert ihre Wirkung, die von auß kommenden Vibrationen fortzupflanzen, durchaus nicht, falls nur die Ba desjenigen, welches dem Trommelfell gegenüber liegt, mit diesem parallel i das ist bei dem Steigbügel, der das ovale Fenster schließt, wirklich der Fa Die vielen Winkel, welche die Knöchelchen bilden, sollen nach Savart Ansicht den Zweck haben, die Erschütterungen zu brechen und dadurch abzuschwächen, welche durch einen heftigen Schall, z. B. durch einen Kanonenschuß, einen heftigen Donnerschlag hervorgebracht werden. Da ein Kanonenschlag Fensterscheiben zersprengt, so wäre es wohl möglich, daß er ein so zartes Häutchen, wie das Trommelfell oder die Membrane, welche das ovale Fenster schließt, zerreißt. Die Knöchelchen, falls dies ihre Bestimmung ist, was man allerdings noch nicht als ganz gewiß annehmen kann, hätten dann den Dienst zu thun, welchen die Kutschfedern dem Wagen leisten, sie verwandeln den erschütternden Stoß in einen mäßigen Druck.

Die große Gelenkigkeit der Kette von Gehörknöchelchen ist nach den Untersuchungen eines französischen Anatomen Longet dazu nöthig, daß der Hammer von dem Trommelfell bewegt werden könne, ohne den Steigbügel von dem ovalen Fenster zu entfernen. Ueber die Function des kleinen Muskels, welcher den Hammer gegen das Trommelfell lehnt, ist man auch noch nicht einig; Einige meinen, er diene dazu, um das Trommelfell in Spannung zu erhalten und so zu verhindern, daß die Feuchtigkeit der Atmosphäre einen erschlaffenden Einfluß darauf habe, Andere meinen wieder, der Hammer werde nur dann gegen das Trommelfell gedrückt, wenn man aufhorcht,

[illegible]. Diese Ansicht stimmt mit einer Erfahrung überein, welche man [illegible] große Aufmerksamkeit an sich selbst machen kann und welche wiederholt [illegible] Naturforschern gemacht worden ist. Wenn man beim Behandeln sehr [illegible] Gegenstände, z. B. solcher, die zu mikroscopischen Beobachtungen [illegible] sollen, einen solchen — den Kopf einer Fliege, deren Auge man [illegible] will, oder Aehnliches — fallen läßt, so hört man das Aufschlagen [illegible] auf den glatten Tisch mit einer Stärke, welche der Größe [illegible] Gegenstandes gar nicht angemessen ist; dies scheint von einem kurzen [illegible] des Hammers gegen das Trommelfell herzurühren, welcher hier [illegible], als ob er von außen angesprochen würde, da doch der Muskel des- [illegible] wahrscheinlich nicht durch ein wirkliches Geräusch, sondern durch den [illegible] des Gedankens daran hervorgebracht ist.

Daß übrigens dieser Muskel des Hammers willkürlich bewegt werden [illegible], ist von verschiedenen Personen nachgewiesen worden, so wie das [illegible], der Hund ꝛc. die Ohren spitzt (um besser und leiser zu hören), so [illegible] es auch der Bewohner der Wildniß. Dieses äußere Ohr steht aber [illegible] dem inneren in zu genauer Verbindung, als daß nicht ein Einfluß des [illegible] auf das andere stattfinden sollte, und Personen, welche diese Fähigkeit [illegible] Ohr zu bewegen (gleichsam zu spitzen) haben, können im innern ein [illegible]räusch wahrnehmen, welches nur diesen Bewegungen der Knöchelchen zu- [illegible]schrieben werden kann; dasselbe ist übrigens in einzelnen Fällen so deutlich, [illegible] ein Anderer, der sein Ohr an das Ohr desjenigen legt, welcher das [illegible]e bewegt, dieses Geräusch wirklich hören kann.

Es hat vielleicht damit dieselbe Bewandtniß wie mit der Veränderung [illegible]form des Augapfels. Das deutliche Sehen für sehr verschiedene Ent- [illegible]rungen ist nur dadurch möglich, daß sich die Camera obscura des [illegible] auszieht oder zusammenschiebt (wie ein Fernrohr für nahe Gegen- [illegible] auch verlängert, für ferne verkürzt werden muß), welche Längen- [illegible]derung hervorgebracht wird durch die Muskeln, die das Auge um-

Wahrscheinlich ist es mit dem Hören eben so; auf die Spannung [illegible]rommelfelles kommt es dabei an, je leiser der Ton ist, je schwächer [illegible]ibration der Luft, welche er hervorbringt, desto schärfer muß das [illegible]melfell gespannt sein, welches von diesen leisen Erschütterungen ange- [illegible]erden soll. Möglich, daß der Muskel des Hammers im Ohr nur [illegible]weck hat, wie die Muskeln um das Auge her, dem Organ diejenige [illegible]reitung zu geben, welche zur deutlichsten Wahrnehmung erforderlich [illegible]ine von Wallaston entdeckte Thatsache scheint diese Annahme zu [illegible]tützen. Wenn man nämlich Nase und Mund fest schließt, allenfalls [illegible] Zuhalten mit der Hand, und thut nun so, als wollte man die Nase

ſchneuzen, was natürlich bei zugehaltener Naſe nicht angeht, ſo wird dadurch die Luft in der Mundhöhle ſtark comprimirt. Nun bildet aber die euſtachiſche Röhre eine Verbindung zwiſchen der Mundhöhle und der Paukenhöhle des Ohres, ſobald man alſo die Luft in der Mundhöhle verdichtet, ſo wird eben dieſes auch mit der Luft in der Ohrenhöhle geſchehen und dadurch das Trommelfell widernatürlich geſpannt werden müſſen. Die Folge hiervon iſt, daß man, ſo lange der Zuſtand der Spannung dauert, alle tieferen Töne nicht hört, ſehr wohl und ſehr leiſe aber die hohen Töne. Da nun die euſtachiſche Röhre wahrſcheinlich dazu dient, die Luft im Innern des Ohres in gleicher Spannung mit der äußeren Luft zu erhalten, ſo iſt eine Spannung des Trommelfelles auf dieſe Weiſe nicht möglich, ſie wird daher, wo ſie nöthig, durch den Druck des Hammers auf das Trommelfell vermöge des öfter berührten Muskels hervorgebracht.

Aus dieſen Unterſuchungen ſcheint hervorzugehen, daß, wenn der Hammer nicht am Trommelfell liegt, dies alſo nicht die nöthige Spannung hat, man eigentlich nicht hört, wenigſtens nicht auf dem richtigen Wege, ſondern auf dem verkehrten, nicht durch das ovale Fenſter und die kleinen Knöchelchen, ſondern durch die im Ohre eingeſchloſſene Luft und das runde Fenſter. So hören wir wahrſcheinlich im Schlafe, vielleicht auch in dem Zuſtande mangelnder Aufmerkſamkeit, während, ſobald etwas zum Hören auffordert, die Spannung des Muskels eintritt und dadurch der Druck auf das Trommelfell, welcher die Spannung deſſelben bedingt. Daß man hierbei beſſer hört als auf dem anderen Wege (durch die bloße Mittheilung an die Luft) iſt ſehr natürlich, da, wie wir bereits wiſſen, feſte Körper den Schall viel beſſer fortpflanzen als luftförmige.

Für den Fall, daß dieſe Anſicht richtig, bedürfte es alſo eigentlich gar nicht des Trommelfells und thatſächlich iſt es, daß die Durchbohrung oder Zerreißung des Trommelfelles keineswegs Taubheit, ja nicht einmal Harthörigkeit in ihrem Gefolge hat, ſondern höchſtens das, was man ein „nicht ſcharfes Gehör" nennen würde; auch die übrigen Gehörknöchelchen ſind zum Hören nicht unbedingt nothwendig, nur der Steigbügel darf nicht fehlen, weil dieſer mit dem Häutchen, welches das ovale Fenſter ſchließt, verwachſen iſt. Würde derſelbe entfernt, ſo würde dies Häutchen zerreißen und die Flüſſigkeiten aus dem Labyrinth und den damit zuſammenhängenden Röhren würden ausfließen, damit wäre das Hören ſo gut unmöglich wie das Sehen, wenn etwa durch eine Verletzung der Hornhaut die wäſſerige Feuchtigkeit aus den Augen flöſſe — die Taubheit in einem wie die Blindheit im andern Falle wäre die unausbleibliche Folge.

Alle dieſe Dinge laſſen ſich nicht ſtreng beweiſen, denn Niemand wird ſein Ohr zu Experimenten hergeben, welche ihn taub machen können, allein daß viel Wahres daran ſei, geht aus Beobachtungen von ſolchen Perſonen hervor, die von Geburt an taub waren und deren Organ man nach ihrem Tode unterſuchte. Es fand ſich z. B., daß die Gehörknöchelchen und das Trommelfell auf das Vollſtändigſte in Ordnung war, indeß die halbkreisförmigen Canäle oder das Labyrinth trocken lagen, keine Flüſſigkeit enthielten. Umgekehrt hat man wieder gefunden, daß die Gehörknöchelchen nicht vollſtändig oder nicht gehörig an einander gereiht waren, oder daß das Trommelfell gänzlich fehlte bei Perſonen, die ſich in ihrem Leben nicht über Harthörigkeit, viel weniger über Taubheit beklagt hatten. Es ſcheint demnach thatſächlich zwei Wege für das Hören zu geben, die Schnecke mit dem runden Fenſter und der Luft der Paukenhöhle, und die Gehörknöchelchen mit dem ovalen Fenſter und den halbkreisförmigen Canälen. Dieſe Annahme wird dadurch unterſtützt, daß weniger vollkommen ausgebildete Thiere nur einen oder den andern Apparat haben. Der amerikaniſche Spottvogel hat nur eine ganz unvollſtändige Schnecke und hat doch ein gutes, ſogar ein muſikaliſches Gehör.

Wie alle Sinne, ſo iſt auch das Ohr ſehr vielen Täuſchungen unterworfen. Man ſagt zwar, wenn der Schall von hinten oder von vorn kommt, empfange man denſelben ſo direct, daß man ſchon aus der mehr oder minderen Stärke die Entfernung beurtheilen könne, daß aber hauptſächlich der gleiche Eindruck, den derſelbe auf beide Ohren macht, der ſicherſte Führer ſei, ſo wie das Hören und Beurtheilen des Gehörten von einer Seite ſich auf die ungleichen Eindrücke ſtütze, welche die beiden Ohren empfangen (viel ſtärker für das nach der Gegend des Schalles gerichtete Ohr); allein dieſes Alles ſtimmt nicht mit der Praxis, denn es läßt ſich durch die Schwäche oder Stärke des Schalles keineswegs die Entfernung beurtheilen, da der Schall ſelbſt ja ſehr verſchieden an Stärke ſein kann; wie leicht aber die Täuſchung des Gehörs ſei, geht aus dem willigen Glauben hervor, den wir dem Bauchredner ſchenken, welcher vor unſern Augen ſeine Künſte macht und uns die Ueberzeugung gewährt, er ſpreche jetzt mit dem Nachtwächter zum Fenſter hinaus, worauf dieſer von der Straße her antwortet. So weit das phyſikaliſche Gebiet des Sinnes reicht, kann die Phyſik erklären, ſobald die Grenze deſſelben erreicht iſt, muß ſie an die Phyſiologie verweiſen.

Von der Wärme.

Begriff des Wortes Wärme.

Sehr wenig Worte haben eine allgemeinere Verbreitung als das Wort Wärme, mit sehr wenigen aber verbindet man so diffuse Begriffe als mit eben diesem. Tritt man während des heißen Sonnen- und Sommertages in ein schattig gelegenes Zimmer, so sagt man: „hier ist es schön kühl"; hat man sich eine halbe Stunde lang darin aufgehalten, so sagt man: „hier ist es kalt — hier ist es schauerlich kalt". Dieselbe Temperatur würde, wenn man nach mehrstündigem Aufenthalt im Freien an einem strengen Wintertage dasselbe Zimmer beträte, unerträglich heiß sein.

Der Keller hat, das weiß ein Jeder, im Winter eine bedeutende Wärme, es erfrieren darin keine Kartoffeln, kein Bier, kein Wein; wenn man aus der Kälte hineintritt, glaubt man in eine geheizte Stube zu kommen. Umgekehrt ist es — und dies weiß auch ein Jeder — im Sommer in den Kellern kalt, so daß die Getränke darin frisch bleiben, Blumen und Pflanzen nicht so schnell verwelken — und ein Keller, der diese Eigenschaften nicht hat, ist kein guter Keller.

Woher mag dies kommen? Nun nichts ist leichter erklärt, sagt die alte Schulphilosophie. Das Centralfeuer, welches unter unsern Füßen brennt (und worin die armen Seelen gemartert werden, die Hölle mit sammt ihren Anhängseln, Fegefeuer, Vorhölle u. s. w.) sendet furchtbare Hitze nach allen Seiten aus.

Durch die große Dicke der Erdschicht, welche dies glühende und brennende Innere umgiebt, ist die Wirkung nach außen allerdings sehr gemildert, aber sie macht sich doch deutlich bemerkbar. Im Sommer allerdings nicht, da ist die Erde locker, da sind Gänge und Spalten offen, da kann die Wärme des Centralfeuers leicht hinaus, aber im Winter, wo die ganze Erdoberfläche gefroren ist, da merkt man die Wärme des Centralfeuers, sie kann durch den gefrornen Boden nicht hinaus, sie sammelt sich unter dem-

ſelben, daher iſt es innerhalb der Keller während des Winters ſo warm und zwar um ſo mehr, je ſtrenger der Winter iſt, je feſter die Decke gefroren.

Alle dieſe Angaben, ſo ſcheinbar, man möchte faſt ſagen ſo augenfällig ſie ſind — wer wüßte nicht von ſeinem warmen Keller zu erzählen, der ſich im Sommer in einen ſo ſchönen kühlen Keller verwandelt? — haben ihren Grund lediglich in dem ganz unbeſtimmten Gefühl, welches wir durch die Worte: warm, lau, kühl, kalt bezeichnen, d. h. genau genommen, ſie ſind grundlos, denn was auf einem ſo ſchwankenden Grunde, wie die Begriffe von warm und kalt, gebaut iſt, hat ein ſchlechtes Fundament. Die ganze Erklärung von dem Centralfeuer iſt lächerlich und ein Beweis, auf wie ſchlechten Füßen die Naturlehre ſtand.

So lange man noch keinen Gradmeſſer für die Wärme hatte, ſo lange natürlich konnte es nicht anders ſein, denn es entſchied ſich Alles nach der Empfindung der Hand, dieſe aber entſchied nach der Stimmung, in welcher ihre Haut ſich befand. Unſere Sinne ſind nicht phyſikaliſche Inſtrumente, welche unter allen Umſtänden gleiche Ausſagen machen, es ſind mit Därmen beſaitete Inſtrumente, bei denen Feuchtigkeit und Trockenheit, Wärme und Kälte vom höchſten Einfluß iſt.

Wir treten aus dem Sonnenſchein in einen ſtockfinſtern Hausflur, man erkennt nichts, nach und nach gewöhnt man ſich nicht an die Abweſenheit von Licht, ſondern an den geringern Grad deſſelben und nun kann man in dem ſtockfinſtern Hausflur leſen. Wir haben eine Zauberoper, ein Ballet im Berliner Opernhauſe geſehen, die feenhafte Beleuchtung, die mährchenhafte Pracht und Schönheit hat uns entzückt, ja es iſt doch ſchön, dieſes Theater mit ſeiner brillanten Gasbeleuchtung! Die Vorſtellung iſt zwar noch nicht zu Ende, aber es iſt hier ſehr warm, wir wollen uns während des Zwiſchenacts ein wenig erholen, friſche Luft ſchöpfen; ſiehe da, wir werden geblendet durch die Tageshelle, es iſt zwar acht Uhr, aber die Sonne geht noch lange nicht unter, der Sonnenſchein ſticht gegen die brillante Gasbeleuchtung ſo gewaltig ab, daß wir beim Zurücktreten in die kurz vorher verlaſſenen glänzenden Räume abermals geblendet werden durch die Dunkelheit, welche darin herrſcht.

Wir trinken ein Glas köſtlichen Ungarweins, er iſt lieblich, er iſt ſüß wie Honig vom Hybla, er iſt feurig wie Nectar, um ſein zu großes Feuer in etwas zu mäßigen, eſſen wir ein paar Stücke Kuchen. Wo iſt denn nun die Süßigkeit des Weins geblieben, hat man ihn vertauſcht, iſt das noch daſſelbe Glas, aus welchem wir zwei Minuten vorher geſchlürft? O ja, aber die Zunge iſt nicht mehr dieſelbe, ſie iſt umgeſtimmt; man ißt ein

Stückchen Brod und der Wein schmeckt so süß wie vorher, und wenn man einen guten Heringssalat ißt, so wird junger Rheinwein eben so süß schmecken als Ungarwein.

Dieselbe Stimmung und Verstimmung erleidet auch unser Gemeingefühl durch die Temperatur der Haut. Ist diese höher als gewöhnlich, so erscheint uns Vieles kalt, was uns unter andern Umständen warm erscheinen würde, eben so geht es umgekehrt, noch ärger aber mit starker Abkühlung, welche das Gefühl abstumpft, ja beinahe vernichtet. Der Brauer will Malz bereiten: er schüttet das nasse Getreide auf einen Haufen, es muß sich erwärmen, um den Keimprozeß und die Diastasebildung zu ermöglichen; nach einigen Stunden steckt er die Hand hinein, es ist noch nicht warm, nach einem halben Tage versucht er dasselbe, noch nicht warm, einen Tag später sagt ihm der Geruchssinn, daß sein Getreide schon brandig ist, schon in Verwesung übergeht. Es war Sommer, die Wärme im Schatten 24 Grad, die Temperatur des keimenden Getreides, 14 Grad, kam ihm kalt vor, weil seine Haut, anders gestimmt, sie nicht als warm, sondern als kalt empfand, da sie niedriger war; auch 20 Grad, die äußerste Grenze, bis zu welcher man das Getreide sich erhitzen lassen darf, ist ihm noch nicht warm, und wenn es so weit kommt, daß seine Haut von der Wärme als solche angesprochen wird, so ist es zu spät, das Getreide ist verbrannt.

Umgekehrt ist die Wintertemperatur geeignet, falsche Schlüsse auf ein schnelles Warmwerden zu begünstigen, schon 7 bis 8 Grad sagen dem Brauer, es sei jetzt warm genug, er schaufelt das Getreide um und läßt es nicht die Temperatur erreichen, welche zur Keimbildung nöthig.

Darum sagt das alte Sprüchwort sehr wahr: „Backen und Brauen geräth nicht allemal!" Jetzt freilich ist das Sprüchwort nicht mehr wahr, denn man hat ein besseres Instrument als die Hand, man hat ein Thermometer, welches sich nichts weiß machen läßt und darum wird die Temperatur des Malzhaufens im Winter wie im Sommer auf gleichem Grade erhalten, allein unser Gefühl giebt uns davon nicht Rechenschaft.

Bis zu welchem Grade Kälte das Gefühl abstumpft, sehen wir an den chirurgischen Operationen, welche unter Einwirkung von Kälte, von Eisumschlägen ganz schmerzlos ausgeführt werden. Es soll das Bein über dem Knie, es soll der Arm abgenommen werden, man umgiebt den gesunden Theil eine Minute vor Beginn der Operation mit Eis oder Schnee und etwas Salz. Der Arm, das Bein verliert alles Gefühl und die Operation wird ohne alle Schmerzen vollzogen.

Täuschungen durch Leitungsfähigkeit.

Eben so täuscht uns dasselbe hinsichtlich der **wärmeleitenden** Kraft der Körper. Ein Stück Stein und ein Stück Eisen liegen vor unserm Fenster im Sonnenschein. Wir wollen den Stein in das Zimmer nehmen, das geht sehr gut, wir wollen dasselbe mit dem Eisen thun, wir fassen herzhaft an — und haben uns verbrannt. Wie ist das möglich? Es hat ja auf jedem der beiden Mineralien ein Thermometer gelegen, dies sagt aus, daß beide eine gleich hohe Temperatur haben, wie es auch nicht anders sein kann, da beide unter ganz gleichen Umständen den Einflüssen derselben Wärmequelle ausgesetzt waren. Ihre Temperatur ist *auch gleich*, nur giebt der *schlechte* Wärmeleiter (Stein) der Hand lediglich das ab, was auf seiner äußersten Oberfläche angehäuft war, indeß der *gute* Wärmeleiter (Eisen) aus seinem Innern immer frische Truppen nachrücken läßt, welche ins Gefecht treten, so wie die erste Reihe absorbirt ist. Auch hat die bessere Wärmeleitung des Eisens es gestattet, daß die Durchwärmung viel tiefer gedrungen ist als bei dem Ziegelstein und bei diesem immer noch tiefer als bei Holz.

Der Winter läßt uns ein anderes Experiment machen, welches schon die Schulkinder aus Neckerei gegen Unerfahrene mit vielem Glück auszuführen wissen. An sehr kalten Tagen faßt man die messingnen Thürdrücker nicht gern mit der bloßen Hand an, indeß die hölzerne Thüre ganz gut gehandhabt werden kann, deshalb sind in den nordischen Gegenden (Petersburg, Moskau) die Klinken gewöhnlich mit Tuch überzogen.

Die Schulknaben sagen zu dem neuen Kameraden: lecke einmal an den Drücker, du wirst sehen, wie süß das schmeckt; ist die Kälte auf 18 bis 20 Grad gestiegen, so sitzt dem armen Gefoppten die Zunge sogleich fest, sie ist ihm angefroren, der Speichel ist zu Eis erstarrt und es kostet wohl ein Stück Haut, sie los zu bekommen.

Es ist auch hier wie bei dem erhitzten Stück Eisen derselbe Vorgang. Das tief durch und durch erkältete Metall empfängt die Wärme der anfassenden Hand, giebt sie aber sogleich weiter an die inneren Schichten und fordert neue Wärme von der Hand, um sich bis zu der Temperatur derselben zu erheben. Das Holz der Thüre thut dies nicht, seine Leitungsfähigkeit für die Wärme ist so gering, daß es der tastenden Hand nur wenig Wärme zu entziehen braucht.

Dieser Sinn also, das Gefühl, das Getast, welches uns urtheilen läßt, die Leiche sei kalt und das Bett, auf welchem sie liegt, sei viel wärmer

auch eine der vielen Windbeuteleien, welche uns die Sinne unaufhörlich machen — in ſeiner Unbeſtimmtheit, in ſeinen unſichern Ausſagen, iſt ıt geeignet, uns Aufſchluß über Wärme und Kälte zu geben, und doch iſt dieſer Sinn allein, durch welchen wir ſie wahrnehmen, denn das Geſicht t es uns nicht. Ein Stück Eiſen von 150 Grad Wärme ſieht gerade aus wie daſſelbe bei 30 Grad Kälte, wir können auch an einem Thermeter nicht riechen, ob es 10 unter oder 50 Grad über 0 ſteht; wir nen auch nicht hören, ob unſer Schlittengeläute mehr oder minder kalt wir ſind mithin ganz auf das Gefühl angewieſen und ſo bleibt denn ıts übrig, als durch die ſchärfſte Beobachtung herauszufinden, was Geſetzen die Wärme (beſſer wohl geſagt die Wärmeveränderung) unterıt und da finden wir, daß doch der Sinn des Geſichts und des hörs mithelfe, indem die Körper durch Wärme ausgedehnt, größer werden, ch Kälte in ſich zuſammenſinken; in Folge deſſen werden wir allerdings ch Wärme hören können, denn bei einem jeden Inſtrument, das muſikahe Töne zu bilden beſtimmt iſt, kommt es auf die Dimenſionen der tonenden Körper an, ob ſie höhere oder tiefere Töne geben. So wird denn ie Glocke, wenn ſie bei einer gewiſſen Größe einen gewiſſen Ton genau giebt, beim Kleinerwerden einen höheren, beim Größerwerden einen nieren Ton geben, wird ſie aber abgekältet, ſo wird ſie dadurch kleiner und rd ſie erwärmt, ſo wird ſie dadurch größer.

Auch noch ein anderer Umſtand kommt hierzu, das iſt die Vermehrung er Verminderung der Elaſticität. Je elaſtiſcher ein Körper iſt, deſto höher ſein Ton bei ſonſt gleichen Umſtänden; wenn man alſo zwei ganz gleiche locken, die eine von Gußeiſen, die andere von Gußſtahl, oder zwei gleich nge und gleich ſtarke Drahtſaiten, die eine von Meſſing, die andere von chmiedeeiſen (natürlich beide gleich ſtark geſpannt), zum Tönen bringt, ſo rd man wahrnehmen, daß die minder elaſtiſche Subſtanz den tieferen Ton bt. Dies iſt der Grund, warum man bei den tafelförmigen Clavieren er bei den Pianino's im Baß Meſſingſaiten hat, was bei einem Flügel, lcher die nöthige Länge bietet, gar nicht der Fall zu ſein braucht.

Veränderung der Elaſticität.

Nun wird aber durch erhöhte Wärme die Elaſticität verringert (außer i Luft- und Dampfarten, bei denen ſie im Gegentheil eben dadurch geigert wird, vorausgeſetzt daß ſie ſich in Gefäßen eingeſchloſſen finden und h alſo nicht verhältnißmäßig zu ihrer geſteigerten Elaſticität ausdehnen nnen). Wenn alſo von zwei Stimmgabeln von ganz gleichem Ton die

eine erkältet, die andere erwärmt wird, so wird die erstere um ein hörbares höher, die andere niedriger klingen, eine Erfahrung, welche man an jedem Winterabend im Schauspielhause machen kann, indem die vollkommen gut gestimmten Instrumente, namentlich die messingnen Blaseinstrumente, sich während des Gebrauchs im Orchester so bedeutend verändern, daß wir während der Zwischenakte die angenehme Musik, welche dem türkischen Gesandten zu Wien am besten gefiel, zu hören bekommen, nämlich die Musik des Stimmens.

Dies Alles sind Thatsachen und die Wärme ist's, welche dies hervorbringt, allein es ist der Effect doch so überaus gering, daß wir ihn durchaus nicht als gemäß für die Grade der Wärme benutzen können, denn nicht nur gehört ein sehr geübtes Ohr dazu, um an der Schwebung, an dem Schlagen zweier sonst vollkommen gleicher Stimmgabeln zu erkennen, daß sie verschieden klingen; es ist auch ganz unmöglich, an dieser Schwebung die verschiedenen Grade der Temperatur zu schätzen und wenn es möglich wäre, so würden wir sehr weitläuftige Wärmegrade haben, vielleicht solche, welche zehn der gebräuchlichen gleich kämen.

Eben so ist es mit der Ausdehnung. Gewiß wird durch die Wärme eines Sonnentags der Thurm auf der Pleißenburg in Leipzig, welcher die Sternwarte umschließt, dergestalt einseitig ausgedehnt, daß er schief ist und daß dasjenige Fernrohr, welches die mehrere tausend Fuß von der Stadt im freien Felde liegende Marke mit dem Meridianzeichen zeigte, nun nicht mehr genau trifft, was wäre das aber für ein Thermometer, was aus einem gegen 200 Fuß hohen Thurm und einem kostbaren Fernrohr mit Fadenkreuz bestände?

Gewiß ist auch, daß, wenn wir ein Auge dafür hätten, wir im Laufe eines Sommertags durch die sich ändernde Temperatur alle Thürme, nicht bloß den Leipziger, ja alle Häuser, wie sich nach und nach die Sonne vom Aufgang durch Mittag zum Niedergange wendet, ungleich hoch und schief sehen, daß wir alle dünnen, durchwärmbaren Gegenstände höher und dicker, bei Nacht niedriger und dünner werden sehen müßten, denn dies geschieht Alles in der Wirklichkeit. Allein wir haben eben kein Auge dafür und darum bemerken wir gar nichts davon, bis wir so kostbare Fühlhebel wie große Fernröhre daran legen oder an kleinere Sachen, wie Metallstangen ein Aehnliches, wirkliche Fühlhebel von großer Feinheit bringen, was denn mitunter äußerst schwierig wird.

Wärmeſtoff.

Es iſt demnach in der Natur etwas vorhanden, das ſich mit allen rpern verbindet, doch mit einigen ſchwerer, mit anderen leichter, das in ige Körper tief eindringt, andere nur oberflächlich berührt, das durch ige Körper hindurch geht, ohne ſie beſonders zu afficiren, von anderen egen beinahe gänzlich aufgehalten, nicht durchgelaſſen wird; es giebt etwas der Natur, deſſen Verbindung mit den Körpern ſie ausdehnt, viele der- ben aus dem feſten in den flüſſigen Zuſtand verſetzt, alle flüſſigen Körper s dieſem Zuſtande in den luftförmigen (Dämpfe) überführt, die Elaſticität r ausdehnbaren Körper, der Luftarten vermehrt und diejenigen feſten rper, welche nicht flüſſig werden, nicht ſchmelzen, zerſtört, verbrennt; es alſo dieſes Etwas, deſſen Abweſenheit — nein, ſo kann man nicht ein- al ſagen — deſſen Vorhandenſein in geringerer Menge aus flüſſigen örpern feſte, aus luftförmigen flüſſige macht, ein gewaltiges chemiſches gens. Aber was iſt es denn eigentlich, wie ſieht es aus, von welcher roguenhandlung bezieht man es, was koſtet das Pfund, iſt es feſt, flüſſig er luftförmig?

Wer kann dieſe Fragen beantworten? Wir zählen die Wärme zu den ynamiden, zu den Imponderabilien, den unwägbaren Stoffen. Wägbarkeit t ein erſtes Erforderniß zur Erkenntniß eines Körpers, dieſes hat die Wärme icht; ſie iſt alſo kein Körper, keine Subſtanz. Wenn aber die Wärme ſich it andern Körpern verbindet, ſie größer macht, ſie in Flüſſigkeiten, in ämpfe verwandelt, ſo muß ſie doch ein Körper, eine Subſtanz ſein, denn ir ſind gewohnt, dieſe Veränderungen mit Körpern vor ſich gehen zu ſehen, enn wir andere Körper zuſetzen. Wenn wir Harz mit Terpentinöl, Weingeiſt, der wenn wir Salz, Zucker mit Waſſer ꝛc. verbinden, ſo ſchmilzt die feſte ubſtanz gleichfalls, wenn wir Queckſilber mit Gold oder mit Zinn verſetzen, ſchmilzt auch hier das feſte ſtarre Metall; es iſt alſo eine Wirkung, durch nen greifbaren, wägbaren Körper hervorgebracht, die unter andern Um- änden durch die Wärme hervorgebracht wird, welche wir nicht greifen, nicht ägen können.

Es iſt ſomit ſehr ſchwierig zu ſagen, was Wärme ſei, eine Definition avon zu geben, da wir ſie nicht als flüſſigen oder ausdehnbaren Körper arſtellen, meſſen, wägen können, da ſie nur, verbunden mit andern Körpern, ie ſelbſtſtändig auftritt, ja da wir noch immer nicht einmal ſo weit ſind, lle Eigenſchaften dieſes räthſelhaften Dinges oder Undinges zu kennen, iel weniger ſie zu erklären, da noch immer neue Thatſachen entdeckt wer- n, welche früher völlig unbekannt waren.

Da man indeſſen doch etwas haben muß, woran man das Ding faſſen kann, ſo hat man als Handhabe, als Griff, als Stiel zu dem ſonſt unbekannten Dinge den Namen „Wärmeſtoff“ gewählt und ſtellt ſich vor oder thut ſo als ob man ſich vorſtelle, der Wärmeſtoff wäre eine Subſtanz in jedem Körper in größerer oder geringerer Menge vorhanden, mit jeden Körper verbunden und wäre die Urſache vieler ſeiner Eigenſchaften. Man nimmt darum mit Recht an, es gäbe keine Kälte, dieſe wäre nur Mangel an Wärme und ſo weit unſere Experimentirkunſt reicht, läßt ſich dies ſogar beweiſen, anſchaulich machen. Eis nennen wir kalt, ein Jeder weiß, daß Waſſer bei einer gewiſſen Temperatur gefriert, welche Temperatur eben davon ihren Namen hat (Gefrierpunkt), er weiß aber auch, daß es noch viel kälter werden kann, Eis muß alſo wärmer ſein als etwas viel Kälteres. Die Kälte geht ohne alle künſtliche Mittel in hohen nördlichen Breiten bis zum Gefrieren des Queckſilbers. Dies iſt ſo kalt, daß ein Stückchen, auf die Hand gelegt, ſofort eine ſchmerzhafte Blaſe verurſacht, welche einer Brandblaſe ähnlich ſieht und eben ſo weh thut — es iſt dies ein ruſſiſcher, etwas froſtiger Spaß.

Gefrornes Queckſilber iſt aber warm im Vergleich mit gefrornem Salpeteräther. Zum Schmelzen jedes Dinges braucht man Wärme. Wenn man ein Stück gefrornes Queckſilber auf ein Stück gefrornen Salpeteräther legt, ſo ſchmilzt der letztere, das Queckſilber aber wird noch etwas kälter und etwas feſter, härter als es war. Das gefrorne Queckſilber hatte alſo noch ſo viel Wärme übrig, um einem andern feſten Körper ſo viel abgeben zu können, als zur Schmelzung deſſelben nöthig war.

Aber der Wärmeſtoff, der ſchon ſeit Ariſtoteles in den Köpfen der Phyſiker ſpukt, iſt doch nicht einzeln darzuſtellen. Drollig genug nimmt es ſich allerdings aus, den berühmten Boerhaave erzählen zu hören: von zwei Eiſenſtäben, die ganz gleiches Gewicht haben, würde einer leichter, wenn man glühende Kohlen unter ihn halte, ſchwerer, wenn man ſie über ihm ſchweben laſſe (was negative Schwere oder abſolute Leichtigkeit, Streben ſich von der Erde zu entfernen, andeuten ſoll), oder wenn der Engländer Fordyce erzählt, daß eine Maſſe von 6 Loth Waſſer, die er in einem hermetiſch verſchloſſenen Gefäße gewogen, durch das Gefrieren um ½ Gran, 2 Pfund concentrirte Schwefelſäure durch das Gefrieren um 3 Gran ſchwerer geworden ſeien.

Dieſe Verſuche, ſo roh als möglich, durch Niederſchlagen aus der Luft oder durch chemiſche Verbindung mit den in der Luft ſchwebenden Dämpfen ganz begreiflich, ja noch viel auffallender werdend, gaben auch einem damaligen Phyſiker Green einen genügenden Grund zur Annahme

aß die Wärme etwas absolut Leichtes sei, negative Schwere besitze, on der Erde wegstrebe, andere aber zu der Aufstellung eines neuen Kör-ers, „des Elementarfeuers."

Wärmemaß.

Die ganze Wärmelehre lag auf eine so traurige Weise im Argen, weil man nichts hatte, um vergleichen zu können, die Hand, das Gefühl war etwas durchaus Trügerisches, wie wir bereits gesehen haben, und so entstanden die allerwunderlichsten Gedankenverbindungen über dies unsichtbare Agens.

Da ereignete es sich, daß ein Bauer in Nordholland, Drebbel, einen Sohn hatte, der nicht Lust bezeigte, oder wie der Vater meinte, zu dumm war, Landmann zu werden. Weil denn doch aus dem dummen Cornels gar nichts zu machen war, so schickte der Vater ihn zur Schule nach Alkmar. Um ein Gelehrter zu werden, dazu müßte er doch allenfalls Verstand genug haben. Der im Jahre 1572 geborne Knabe studirte vom zwanzigsten Jahre ab Philosophie, Medicin und Chemie und zeichnete sich bald als Gelehrter aus; sein Vater hatte auch noch die Freude, zu sehen, daß der sonst zu nichts brauchbare Cornelius Drebbel wirklich zum Gelehrten noch gut genug gewesen. Eine Erscheinung, welche keineswegs ganz vereinzelt steht, Seume war der Sohn eines Bauers aus Poserne bei Weißenfels, Herder der Sohn eines Cossäthen und Dorfschulmeisters aus Mohrungen in der Nähe von Königsberg, Sixtus IV. Sohn eines Fischers, hochverdient um die wissenschaftlichen Schätze des Vatikans, Sixtus V., selbst ein großer Gelehrter, der berühmte Schweine- und Seelenhirt, wie Jean Paul ihn nennt, war Sohn eines Bauern zu Montalto, der so arm, daß er seinen Knaben auf andern Bauerngehöften die Schweine hüten lassen mußte, des großen Dannecker Vater war nicht einmal Bauer, er war Bauerknecht, später Stallknecht in Stuttgart, dann Stallknecht in des Herzogs Diensten.

Der Bauernsohn Drebbel hatte wirklich was Tüchtiges gelernt, vor Allem aber beobachten, und so bemerkte er denn eines Tages, als er eine Glaskugel mit einem Glasrohr in ein Gefäß mit Wasser gestellt hatte, daß, je nachdem die Sonne darauf schien oder nicht, die Luft aus der Kugel hinaus oder das Wasser in die Röhre hineintrete. Daß die Wärme hier mit im Spiele sei, muthmaßte er sogleich und überzeugte sich von der Richtigkeit dieser Annahme dadurch, daß er dieselben Bewegungen der Flüssigkeit durch Annäherung seiner Hand hervorbringen konnte.

Nun construirte er sein Thermometer, das nach Leupold's Abände-

rung aus einer Kugel beſtand, an welcher, wie die Fig. 270 zeigt, zweimal gebogene Röhre angeſchmolzen war, in der ein Tropfen ein färbten Flüſſigkeit (Scheidewaſſer, um das Gefrieren zu hindern) beſi das jedoch Drebbel ſelbſt in ſeiner urſprünglichen Form gelaſſen, n in der beigegebenen Fig. 271, in welcher *A* die Glaskugel mit dem mometerrohr, das oben offen iſt, darſtellt; *B* aber die Zuſammenſt

Fig. 270.

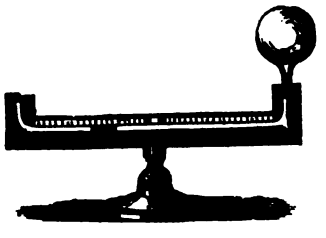
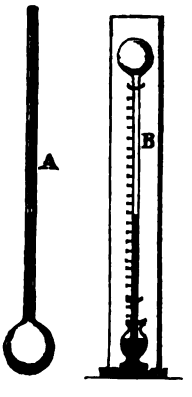


Fig. 271.



deſſelben mit dem Gläschen zeigt, in welchem etwas Scheidewaſſer, Meſſingſpäne grün gefärbt, befindlich, welches, nachdem man durch E mung etwas Luft aus der Kugel getrieben, eine Stellung einnimmt, fähr der Mitte der Röhrenlänge entſprechend, da denn bei Erkältung Kugel die Flüſſigkeit ſteigen, bei Erwärmung ſinken würde.

Damals war ein mächtiger Schritt vorwärts geſchehen, man hatte doch etwas, man konnte ſagen: hier ſteht das Inſtrument ſo, dort oder tiefer, trotz deſſen, daß mein Gefühl mich eines anderen belehre wollen ſcheint; allein nach dem jetzigen Standpunkte unſeres Wiſſens i denn doch zu unvollkommen, um irgend einen anderen als den hiſtori Werth zu haben, das Erſterfundene zu ſein, denn man ſieht wohl, d nicht allein von der Wärme, ſondern auch von dem veränderten Luf ſeine Stellung bekommt, und es wird bei gleich bleibender Temperatur den Barometerdruck vielleicht mehr verändert werden als bei gleichem rometerſtande durch die gewöhnliche Lufttemperatur. Der Barometer variirt in unſern Breiten beinahe um ⅛ der ganzen Barometerlänge giebt Fälle, wo das Inſtrument über 29 Zoll und andere, wo es kaum 26 Zoll ſteht. Wenn wir uns nun vorſtellen, daß die Luft in einer **von 2 Kubikzoll um ¼ ihres Inhaltes ausgedehnt wird, ſo muß nothw**

üſſigkeit weit aus der Röhre getrieben werden, denn dieſe hat nicht ıfzigſten Theil von 2 Kubikzoll Inhalt; eben ſo tritt bei erhöhetem eterſtande die Flüſſigkeit aus dem Glaſe durch die ganze Länge der bis in die Kugel hinein.

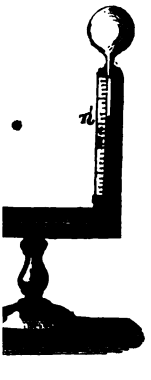
)ennoch war die Erfindung ſo bedeutend, daß die Engländer, die ſen und die Italiener ſie dem Drebbel ſtreitig machten. Die Letz- ınd zweifelhaft, ob der berühmte paduaniſche Arzt Sanctorius oder ei der Erfinder ſei, Poleni, Malphigi und Borelli nennen :orius als ſolchen, dagegen Viviani es dem Galilei und P. Ful- gar dem Theologen Paul Sarpi zuſchreiben. Die Engländer nennen Fludd als den Erfinder, die Franzoſen ſelbſt ſind zweifelhaft, welchem ı Caſſini's die Erfindung zugeſchrieben werden ſoll, wahrſcheinlich lteſten Joh. Dominique, wodurch ihm auch die Priorität über el geſichert würde.

Das Thermometer.

ls der Gedanke, die Ausdehnung eines eingeſchloſſenen Körpers zum be der Wärme zu brauchen, einmal gegeben, war es leicht, eine Form und einen beſſeren thermoſcopiſchen Körper als die Luft zu

Sie (die Luft) iſt zwar in vielen Hinſichten ſehr dienlich zu dieſem allein der Einfluß der Atmoſphäre iſt zu groß, als daß er nicht ſtö- irken ſollte, ſelbſt wenn ſtatt einer Kugel zwei gebraucht werden,

Fig. 272.



wie die nebenſtehende Fig. 272 zeigt. Die beiden Kugeln von dünnem Glaſe, damit ſie leicht durch- wärmt werden können, unterliegen nämlich dem unangenehmen Fehler, daß ſie bei geringerem Druck der Atmoſphäre als derjenige iſt, bei dem ſie ge- fertigt wurden, ſich ausdehnen. Wäre dies nun bei beiden abſolut gleich, ſo würde es keinen Nachtheil haben, da es jedoch ganz unmöglich iſt, die Glasdicke vollkommen bei der einen ſo wie bei der andern zu machen, da es ferner eben ſo unmöglich iſt, ihre Größen ganz gleich zu halten, ſo ergiebt ſich ſchon daraus die Unbrauchbarkeit für genaue Meſſungen, doch hat man dieſes nent noch bis zum Jahre 1830 als das feinſte, die leiſeſten Angaben de angeſehen; es wurde dabei die eine Kugel geſchwärzt, um leichter ılich für die *Durchwärmung zu werden*, auch konnte man allerdings

die Annäherung der hohlen Hand bis auf 1 Fuß, vielleicht bis auf 1½ Fuß bemerken, doch auch nichts weiter, denn an ein Messen war gar nicht zu denken. Die Thermoelektricität hat jetzt ein besseres Mittel zur Entdeckung und Messung geringer Wärmegrade geliefert und mit diesem konnte Melloni so feine Untersuchungen machen, daß er sagen durfte: „die Wärmelehre schreibe sich erst von ihm her, früher sei man so verfahren, als ob man die Optik und deren Farbenerscheinungen mit einem hölzernen Prisma habe studiren wollen."

Die ersten Thermometer, welche auf das Drebbel'sche folgten, waren die der Florentiner Academia del cimento; sie hatten ungefähr die Gestalt der unsrigen, waren mit Weingeist gefüllt, wurden aber ganz ohne Plan und Zweck graduirt. Man trug die Thermometer gewöhnlich in einen tiefen Keller, bezeichnete den Standpunkt des gefärbten Weingeistes mit 0 und trug nun Grade von beliebiger Größe auf- und abwärts auf eine Scala, nannte die nach unten gehenden Grade der Kälte, die nach oben Grade der Wärme. Es war natürlich ein solches Verfahren ganz unverständig, allein was wir jetzt so nennen dürfen, nach Erlangung hundert neuer Hülfsmittel und nach Ausbildung einer Wärmelehre, welche doch erst in den letzten 20 Jahren ihre gegenwärtige Vollendung erhalten, das konnte man damals nicht so nennen.

Gegen das Ende des 17. Jahrhunderts that Renaldini, Professor zu Padua, den ersten Vorschlag, den florentinischen Thermometern eine vergleichbare Scala zu geben. Dazu ward als Nullpunkt diejenige Temperatur gegeben, welche Weingeist erhielt, der in einem Metallgefäße mit Eis umgeben stand. Die Grade sollten nun durch Mischung von $^{1}/_{12}$ siedendem mit $^{11}/_{12}$ eiskaltem Wasser, dann von $^{2}/_{12}$ siedendem und $^{10}/_{12}$ eiskaltem Wasser u. s. f. von Zwölftheil zu Zwölftheil bestimmt und mit 1, 2, 3 u. bezeichnet werden.

Obschon das Verfahren sehr große Mängel hat, so liegt doch darin die erste Idee, den Siedepunkt und den Frostpunkt des Wassers als feste Punkte zur Theilung des Thermometers anzuwenden, unzweifelhaft verborgen, da jedoch der Weingeist sich bei höheren Graden stärker ausdehnt als bei niederen, so wüßte man jetzt wenigstens nicht mehr, was die Thermometer aussagen, man würde ihre Sprache nicht verstehen, der Schlüssel zum Alphabet derselben wäre verloren, denn die Beobachtungen, welche Ferdinand II., Großherzog von Toscana, den Mönchen in den Klöstern übertrug, die ihre Langeweile gern auf solche Weise verkürzten und welche sich zu bändereichen Documenten für deren Fleiß aufgehäuft hatten, wurden doch unterbrochen, als Leopold von Medicis, um den Cardinalshut zu erhalten,

t der Wiſſenſchaft brach und die Academia del cimento dem Aufklä-
igshaß des römiſchen Hofes opferte.

Nur einige Bände jener wiſſenſchaftlichen Annalen entſchlüpften wie
ch ein Wunder dem Vandalismus der Agenten der Inquiſition, welche
t wahrer Henkerluſt die Bücher verbrannten, die Inſtrumente zerſchlugen,
s Metall davon einſchmelzen, und um Gott wegen des Mißbrauches, den
ſchnöde Welt von ſeinen Gaben gemacht, zu verſöhnen, zu Glocken um-
ßen ließen.

Unter den geretteten oder vielmehr den Blicken der Inquiſition zufällig
zogenen Büchern waren auch Thermometerbeobachtungen des Pater Rai-
ri von dem Kloſter St. Angeli zu Florenz und ſie wären höchſt ſchätzbar
weſen, wenn man ihre Sprache gekannt hätte, denn ſie vermochten einiges
ht auf die Löſung der Frage zu werfen, welche man ſchon damals ſo
e jetzt häufig hörte, ob die Temperatur der Erde ſich nach und nach ver-
igere oder nicht.

Im Jahre 1828 wurde auf dem Boden eines Kloſters bei der Re-
ratur des Daches eine Kiſte, unter Schutt und Gerümpel vergraben, auf-
funden. Ein Schatz! glaubten die Arbeiter, fanden ſich doch ſchrecklich
täuſcht, als ſie in der ſchnell erbrochenen Kiſte nichts weiter fanden als
lerlei hölzerne, meſſingne und gläſerne Meßinſtrumente; unter dieſen be-
nden ſich viele Thermometer der Academia del cimento, welche nach
aris gebracht und einem Herrn Libri zur Vergleichung der alten Scalen
it den neuen übergeben wurden.

Vergleichbare Thermometer.

Fahrenheit.

Es fand ſich, daß dieſe Thermometer ſchon ziemlich gut waren, indem
e ſtets gleiche Grade zeigten. Durch mehrere hundert Beobachtungen
urde nun das Verhältniß zu unſern jetzigen feſtgeſtellt (der Nullpunkt liegt
4 Grad unter dem Gefrierpunkte, im ſchmelzenden Eiſe ſtehen ſie auf
$3\frac{1}{2}$ — es iſt demnach der Fahrenheit'ſche Nullpunkt — und ihr
0. Grad entſpricht dem 44. des Réaumur'ſchen Thermometers) und
enn mit denſelben zu beobachten fortgefahren wäre, hätte man jetzt ſchon
00jährige Reihen von Beobachtungen haben können.

Allein die Unterbrechung mochte wohl, gegen die Rechnung der Inqui-
toren, auch ihre Vortheile haben; ſie führte auf andere Entdeckungen, zuerſt
uf Amonton's großes Normalthermometer und dann auf das viel be-
emere des Danziger Kaufmannes Fahrenheit, welcher ſpäter in

Holland ansäßig, aus Liebhaberei sich der Physik widmete und der erste war, der Queckſilber als thermoſcopiſche Substanz in ſeine Thermometer füllte und zwei feſte Punkte annahm, nämlich den Siedepunkt und die größtmöglichſte Kälte. Für dieſe hielt Fahrenheit die Temperatur des Winters 1709, er nannte den Punkt, auf welchem hierbei das Thermometer ſtand, 0 und theilte den Abſtand zwiſchen dieſem Punkte (den er jederzeit wieder hervorbringen konnte, wenn er Salmiak und Eis zu gleichen Theilen mit einander miſchte) und den des ſiedenden Waſſers in 212 gleiche Theile. Der Grund zu dieſer Eintheilung lag in der Beobachtung, daß Queckſilber ſich von ſeinem künſtlichen Froſtpunkte bis zu dem natürlichen des gefrierenden Waſſers um $^{32}/_{11124}$ und bis zum Siedepunkte des Waſſers um $^{212}/_{11124}$ ſeines Volumens ausdehnte. Den Siedepunkt des Queckſilbers ſetzte er dahin, wo das Queckſilber des Thermometers in ſiedendem Queckſilber ſtand und bezeichnete den Punkt mit 600, weil er glaubte, das Queckſilber dehne ſich vom künſtlichen Froſtpunkte bis zur Queckſilberſiedhitze um $^{600}/_{11124}$ ſeines Volumens aus.

Da Fahrenheit ſeine Thermometer alle nach dem beſtimmten Fundamentalabſtande theilte, ſo hatten ſie zuerſt eine allgemein verſtändliche Sprache, wenn ſchon keine, die ſich auf abſolute Maße, ſondern nur ſolche, die ſich auf Vergleiche ſtützten; ein anderes Verfahren aber kennen wir leider noch nicht, wir haben keinen abſoluten Nullpunkt, ja wenn wir nicht den eingebildeten niedrigſten Temperaturgrad von 13½, auch nicht den des Winters vom Jahre 1829 auf 30, wo in Berlin die Kälte auf 28°, in Stuttgart auf 29° kam, ſondern den jährlich wiederkehrenden des nördlichen Siberien von 45° unter 0 annehmen wollten, ſo iſt doch dieſer lange nicht der Anfangspunkt der Wärmeſcala, ſo iſt jene Temperatur doch nur dem Sprachgebrauche nach „Kälte", keineswegs im phyſikaliſchen Sinne eine wirkliche Abweſenheit von Wärme, ſondern nur ein geringerer Grad derſelben und es iſt der Phyſik gelungen, noch viel niedrigere Temperaturgrade künſtlich zu erzeugen, theils durch Miſchungen von Salzen und Säuren, die ſich mit einander verbindend Flüſſigmachungswärme (in der Kunſtſprache „Liquefactionswärme") brauchen, ſie alſo den umgebenden Körpern entziehen, oder, indem man gasförmige Körper verdichtet, durch Pumpen in einen kleineren Raum bringt, ſie nun erkältet und dann durch Röhren auf andere zu erkältende Körper ſtrömen läßt, da ſie dann, indem ſie ſich ausdehnen, Grosolche Wärme abſorbiren, daß die von ihm getroffenen Körper auf ihre erabſinken.

reichenEr weiß aber, ob es nicht gelingen wird, noch weiter abwärts zu brochen und wenn es gelingt, ſo bleibt die Frage, ſo bleibt das „wer weiß"

noch immer offen, denn es ist gar wohl möglich, daß wenn man auch 100 und 150 Grad abwärts gekommen, doch ein glücklicher Wurf einem späteren Experimentator auf 200 unter 0 gelangen läßt und Niemand kann sagen: „hier ist die Grenze."

Es ist daher auch thöricht, nach einem solchen Anfangspunkt für die Thermometerscala zu suchen, man giebt sich mit natürlich feststehenden Punkten zufrieden, nur muß man das oben berührte, daß es keinen eigentlichen Anfang giebt, sondern daß der gebräuchliche nur ein verabredeter ist, nicht vergessen, man darf daher nicht von „noch einmal so warm als gestern" sprechen, man darf nicht sagen: „Queckſilber braucht zum Kochen dreimal so viel Hitze als Wasser."

Das ist ungefähr so, als wollte der Speculant sagen, er habe seine Staatspapiere für die Hälfte von dem verkauft, was sie ihn kosten, wenn er sie mit 2 pCt. erhandelt und mit 1 pCt. losgeschlagen hat — sie sind ja nicht sein Eigenthum geworden für 2 Thaler, sondern für 102 Thaler und er hat sie nicht für 1 Thaler, sondern für 101 Thaler verkauft; es ist als ob man sagen wollte, Hildebrandt ist ein noch einmal so großer Maler als Begas oder Fräulein X ist nicht halb so schön als Fräulein Y.

Der geistreichste Vergleich ist wohl der von Dove gemachte: „es ist als ob man sagen wollte, ein Soldat, der 10 Zoll mißt, sei noch einmal so groß als ein anderer, der nur 5 Zoll mißt." Man vergißt die 60 Zoll, die beiden zukommen, hinter denen die Scala erst anfängt. Zudem ist dies bei dem Thermometer noch schlimmer, denn da ist keine bestimmte Größe unterhalb des Nullpunktes vorhanden (wir wissen nicht, wie lang die 5 Fuß sind, welche den obigen Zollen beigelegt werden müssen) und der Nullpunkt wird bald hier, bald dort hingelegt, deshalb benennen wir immer den Erfinder der Scala, nach welcher gezählt wird.

Fahrenheit's vergleichbare Thermometer machten großes Aufsehen und verbreiteten sich über die Ostsee- und Nordseeländer bis nach Kurland und England. Die Franzosen aber waren zu stolz, das Thermometer der barbarischen Deutschen anzunehmen, sie blieben bei dem schlechten Weingeistthermometer und suchten nur nach einer besseren Eintheilung.

Réaumur.

Réaumur erfand eine solche, indem er zum Fundamentalabstande die Temperatur des siedenden und die des gefrierenden Wassers nahm und da er, mit seinen *sehr ungeschickt großen* Thermometern operirend, gefunden

hatte, daß sich der Weingeist zwischen dem Frost- und dem Siedepunkte um $^{80}/_{1000}$ des ganzen Volumens des angewandten Weingeistes ausdehne, so theilte er diesen Fundamentalabstand in 80 Theile und das nennt man das Réaumur'sche Thermometer.

Höchst sonderbarer Weise nennt man die 80theiligen Thermometer überhaupt Réaumur'sche, sie haben aber nichts mit einander gemein als die 80theilige Scala, sie correspondiren auch gar nicht mit denen des französischen Gelehrten, denn Queckſilber dehnt sich bei gleicher Wärmezunahme gleichmäßig aus, Weingeist aber bei den letzten 10 Graden um doppelt so viel als bei den ersten 10. Wenn also das Weingeistthermometer auf 70 zeigt, so zeigt in derselben Temperatur das Queckſilber auf einen ganz anderen, niedrigeren, nämlich auf den 60. Grad.

Abgesehen aber von diesem Mißgriff (wofür Réaumur nicht kann, wer hieß uns eine solche Verwechselung, die er gar nicht beabsichtigte, machen), hat sein Thermometer große Fehler, der Frostpunkt des Wassers ist kein fester Punkt, der des siedenden Wassers eben so wenig, wenn man versäumt, den Barometerstand zu berücksichtigen. Der Weingeist kocht bei niederer Temperatur als das Wasser schon von Hause aus, da R. jedoch die Thermometer beinahe luftleer machte, so mußte der Weingeist noch viel früher als bei 80 Graden sieden, dies Alles machte die Instrumente sehr wenig brauchbar. Réaumur und Nollet gaben sich nun Mühe, die Fahrenheit'schen Thermometer mit den ihren in Uebereinstimmung zu bringen, allein sie gingen von der eitlen Ansicht aus, ihre seien die rechten und graduirten den guten Wärmezeiger nach dem schlechten, wodurch viel Täuschung hervorgebracht wurde, über welche die Gelehrten der damaligen Zeit sich oft mit nicht geringer Bitterkeit über die Franzosen beschwerten, welche sich trotz ihrer Vornehmthuerei die falschen Thermometer mit der betrüglich unrichtig gemachten Scala sehr theuer bezahlen ließen.

De Luc.

De Luc gelang es endlich, durch unzählige, mitunter sehr sinnreiche Versuche, eine Vergleichung zwischen dem 80theiligen Queckſilberthermometer und dem Réaumur'schen Weingeistthermometer zu Stande zu bringen. Er fand, daß wenn das Queckſilberthermometer 80 Grad zeigte, das Weingeistthermometer 100 gezeigt haben würde, wenn es bis dahin gegangen wäre, daß es also den Siedepunkt des Wassers in der Regel gar nicht

angab, daß 70 Grad den 85. des Weingeiſtthermometers entſprechen und daß vom 66. Grade des Queckſilberthermometers die Weingeiſtſcala beginne.

	Queckſilber-thermometer.	Weingeiſt-thermometer.
Siedepunkt des Réaumur'ſchen Weingeiſttherm.	66,6	80
	60	70,8
	50	56,8
	40	44,2
	30	32,6
Wärme des menſchlichen Körpers	29,9	32,5
	20	21,1
	10	10,6
Temperatur der Keller der Pariſer Sternwarten	9,6	10,25
Zergehendes Eis (dies iſt der rechte Nullpunkt)	0	0,8
Null des Réaumur'ſchen Thermometers	0,8	0
	10	8,5
	15	13,1
2 Theile Eis und 1 Theil Salz zerfließend . . .	17	15

Man ſieht hieraus, wie wenig es ſtatthaft iſt, dieſe beiden Thermometer mit einander zu verwechſeln, das Schlimmſte aber iſt, daß Réaumur ſehr verſchieden ſtarken Weingeiſt anwandte, wodurch ſeine eigenen Thermometer gar nicht einmal vergleichbar unter ſich waren.

Bei den Unterſuchungen über die Ausdehnung verſchiedener Körper bei verſchiedenen Graden ergab ſich, daß allein die Luft und das Queckſilber ſich bei gleichen Temperaturunterſchieden um gleich viel ausdehnten oder zuſammenzogen, dies gab de Luc die ſehr natürliche Veranlaſſung, das Queckſilber zur thermoſcopiſchen Subſtanz zu wählen und die Scala in gleiche Theile zu theilen; demnächſt beſtimmte er den Siedepunkt unter einem feſtgeſtellten Barometerdruck und wählte zum andern feſten Punkt nicht den des gefrierenden Waſſers, ſondern den des ſchmelzenden Eiſes. Dieſer letztere iſt unter allen Umſtänden gleich, der andere ſogenannte Froſtpunkt oder Gefrierpunkt iſt ſehr verſchieden, ja wenn bei ſtrenger Kälte Waſſer in einem hölzernen Gefäß ſehr ruhig ſteht, ſo kann es ſich bis 10 Grad unter 0 erkälten, ohne zu frieren. Es ſchießt alsdann plötzlich bei einer nur geringen Erſchütterung in langen Nadeln durch das ganze Gefäß an und die Temperatur ſteigt bis auf 0.

Solche Thermometer nach de Luc's Idee gefertigt und in 80 gleiche Grade von 0 bis zum Siedepunkt des Waſſers getheilt, nennt man in Deutſchland allgemein Réaumur'ſche Thermometer und ſie ſind in Deutſchland auch faſt allein im Gebrauch, ſie ſollten de Luc'ſche genannt werden.

In England hat *man das deutſche* Thermometer behalten, das von

Fahrenheit erfundene, in Frankreich aber bedient man sich nicht desjenigen, was dort von Réaumur oder de Luc aufgestellt ist, sondern man hat das schwedische, von Celsius angegebene, im Gebrauch. Dieses unterscheidet sich von den andern durch eine Eintheilung des Fundamentalabstandes in 100 Grade, sonst ist nichts weiter Verschiedenes daran. Jetzt macht man allgemein Quecksilberthermometer und in gewissen Grenzen ist diese Substanz auch zweifelsohne die beste.

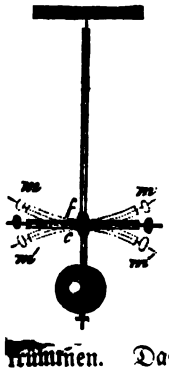
Thermometer für höhere Grade.

Allein es giebt Umstände, unter denen es nicht ausreicht. Das Quecksilber hat wie der Weingeist oder irgend eine andere Flüssigkeit einen Siedepunkt, höher wird man also das damit gefüllte Thermometer schon nicht graduiren, bei höheren Graden wird man es nicht brauchen können und es giebt noch sehr viel höhere Grade von Hitze als die des siedenden Quecksilbers. Umgekehrt gefriert das Quecksilber auch und seine Zusammenziehung in der Gegend des Gefrierpunktes ist so wenig seinem sonstigen Gange gleich, daß es förmliche Sprünge macht.

Um also die Grenzen der Meßkunst weiter zu strecken, wird man zu andern Hülfsmitteln seine Zuflucht nehmen müssen und diese glaubt man in den Metallthermometern gefunden zu haben.

Wenn man einen Streifen Messing und einen Streifen Stahl zusammenlöthet und zwar so, daß beide Stücke zusammen ein Lineal bilden, das seiner ganzen Länge nach auf einer Seite aus Messing, auf der anderen Seite aus Stahl besteht, so wird jede Temperaturveränderung auf die Gestalt dieses Streifens Einfluß haben, denn die verschiedenen Metalle dehnen sich verschieden aus oder ziehen sich verschieden zusammen und zwar dergestalt, daß es welche giebt, die sich noch einmal so stark vergrößern oder verkleinern bei gleichem Temperaturunterschiede als andere.

Fig. 273.



Wenn aber ein Lineal aus zwei so verschiedenen Substanzen zusammengesetzt ist, so wird es nur in einer Temperatur ganz gerade sein, in jeder andern wird es sich krümmen. Das Messing dehnt sich viel stärker aus als der Stahl; *mm* auf der obigen Figur ist eine solche Stange aus Messing und Stahl, abgeglichen, wie der mittelste Strich zeigt, bei 0 Grad, d. h. nach dem Zusammenschmelzen und Erkalten so lange gerichtet, gestreckt, gehämmert, bis es bei 0 Grad eine gerade Linie bildet. Die obere dunkel schattirte Schicht

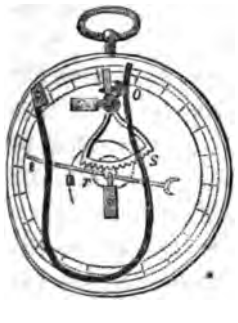
ei Stahl, die untere nicht schraffirte stelle den Messing vor. Steigt die Temperatur nunmehr über 0, so wird der untere Theil sich stärker ausdehnen als der obere und da die Ausdehnung durch die Wärme eine ganz unwiderstehliche ist, der Stahl aber nicht nachgiebt, so krümmt das Messing denselben, das ganze Lineal biegt sich aufwärts nach *f*.

Umgekehrt zieht sich auch das Messing in der Kälte stärker zusammen als Stahl; wird die Temperatur also bedeutend erniedrigt, so befindet sich nunmehr Stahl in dem Zustande, in welchem sich vorher das Messing befand, der Stahl ist der längere, er bildet also die Krümmung oder sie neigt sich nach *c* unten, wie vorher die Biegung nach oben ging.

Es hat diese Eigenschaft, welche wir hier betrachtet haben, noch einen besondern practischen Werth für die Uhren, den wir näher beleuchten wollen, doch um bei den Thermometern zu bleiben, so läßt sich leicht einsehen, daß wenn eine solche Krümmung bei einer aus zwei Platten zusammengesetzten Feder stattfindet und der Befestigungspunkt des einen Endes bei *c* ist, man das andere Ende, welches sich von *m* nach *m'* bewegen kann, wird benutzen dürfen, um einen Zeiger in Bewegung zu setzen, der die Grade der Abweichung von der geraden Linie sowohl bezeichnet als vergrößert, so daß man auch geringere Veränderungen in der Gestalt der Feder messen kann.

Diese Punkte, welche der Zeiger andeutet, vergleicht man mit einem guten Thermometer und schreibt die Grade, welche man gefunden hat, zu den Strichen. Dies ist dann ein Metallthermometer (s. die Fig. 274).

Fig. 274.



Gewöhnlich kleidet man dieselben in die Form einer Uhr, krümmt deshalb die Feder von Hause aus, so daß sie sich in das Gehäuse bringen läßt, und wie ein Secundenzeiger an der feinern Taschenuhr, so bewegt sich, durch ein kleines Zahnrad *r* getrieben, ein langer Weiser *er* von Grad zu Grad; bei *o* drückt die Feder an den Trieb *s*, der das Zahnrad bewegt.

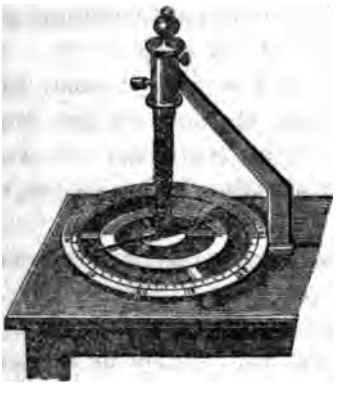
Dieses Thermometer hat die sehr schöne Eigenschaft, nicht bei 30 Grad unter dem Gefrierpunkt auf einmal gewaltige Sprünge zu machen, man kann damit in ziemlicher Sicherheit bis 60 und 80 Grad unter 0 gehen, bis zu den Punkten, bei welchen die künstliche Kältebildung stehen geblieben ist, hat dies Thermometer die Physiker nicht verlassen.

Auch bei Erwärmung geht es über den Siedepunkt des Wassers, der Oele, des Queckſilbers *hinaus; nun aber* sind wir auch an seiner Leistungs-

grenze angelangt, denn in höheren Temperaturen laufen die Metalle an, werden weich, verflüchtigen sich die kleinen Quantitäten Oel, welche zur Befettung der Zapfen und Zähne nöthig sind, endlich würde natürlich das Instrument glühend werden und für immer unbrauchbar sein, man geht also damit natürlich lange nicht so weit und das Resultat ist schließlich, daß wir auch hier nur ein in seiner Wirkung sehr begrenztes Instrument haben.

Dennoch ist das Princip desselben so wichtig, daß man erstens noch ein anderes ungemein feines Thermometer daraus gemacht hat, zweitens ihn zur Regulirung der Uhren gegen die Störungen durch die Wärme eine Anwendung gegeben hat, welche bisher noch nicht auf andere Weise ersetzt worden ist.

Fig. 275.



Das Thermometer betreffend, so ist dasselbe von Breguet erdacht, der statt zwei Streifen drei von verschiedenen Metallen nimmt, einen ½ Linie breiten Platinstreifen in der Mitte, einen Streifen Silber auf einer und eben solchen Gold auf der anderen Seite.

Wozu dreierlei Metalle, ist dem Verfasser nicht klar, es scheint, als müsse das dritte auf den Gang störend wirken, vielleicht ist das mittelste aber auch ganz indifferent und nur die beiden Metalle Gold und Silber sind die wirkenden.

Aus diesem schmalen, etwa 5 Zoll langen Streifen, wird über einen Dorn eine Spirale gewickelt, so daß das Gold inwendig ist, das Silber aber die äußeren Krümmungen bildet. Die Spirale ist so weitläuftig, daß die Schraubengänge derselben etwa $^1/_{12}$ Zoll von einander stehen. Das obere Ende ist, wie die Fig. 275 zeigt, an einem Metallarm befestigt, das untere hängt frei und hat einen Zeiger, welcher auf die Theilstriche eines Zifferblattes zeigt, in dessen Mittelpunkt die Spirale durch einen schwachen Dorn erhalten wird. Das Instrument ist äußerst zart, seine thermoscopische Substanz, die drei Metallstreifen, so fein, daß sie fast augenblicklich von der geringsten Temperaturveränderung ergriffen werden; steht das Instrument ruhig in einem kalten Zimmer und es tritt ein Mensch hinein, so sieht man schon auf die Entfernung von 6 Fuß eine Bewegung des Zeigers.

Compenſation.

Die beſprochene Anwendung zweier Metalle, die vereinigt ſich durch verſchiedenartige Ausdehnung krümmen, betreffend, ſo kommt ſie bei ſchenuhren wie bei Pendeluhren vor.

Wärme dehnt aus, Entziehung der Wärme rückt die Theile des erkäl:n Körpers zuſammen. Eine Eiſen- oder eine Meſſingſtange wird durch ärme länger, durch Erkältung kürzer. Der Perpendikel einer Uhr beſteht s einer Metallſtange mit einem ſchweren Körper, einer Linſe daran, ſer bildet den Schwerpunkt des Pendels. Auf die genaue ſich **gleich** ibende Länge des Pendels kommt es aber vorzugsweiſe an, die Uhr kann ne eine ſolche gleiche Länge nicht richtig gehen, ſie wird im Sommer, wo ärme die Pendelſtange ausdehnt, zu langſam, im Winter, wo Kälte die tange verkürzt, zu ſchnell gehen.

Um dies zu verhindern, bringt man an der Pendelſtange eine Vorrich- ng an, wie wir dieſelbe bereits S. 184 betrachtet haben, es werden bloß die Arme des bei *c* befeſtigten metallenen Doppelſtreifens ſtärker gemacht, als man ſie für ein Thermometer machen würde, denn ſie ſollen die beiden Metallkugeln *m* und *m* tragen, vermöge deren der Schwerpunkt im entgegenge- ſetzten Sinne wie durch Verlängerung oder Verkürzung der Pendelſtange verändert wird. Rückt nämlich durch die Wärme die Pendellinſe von ihrem Aufhängepunkte oben um ein Geringes herab (weil die Pendelſtange ſich verlängert), ſo rücken dagegen die beiden Kugeln auf- wärts nach *m* und *m*, hierdurch iſt das Gleichgewicht wieder hergeſtellt, denn der Schwerpunkt des Pendels egt ja nicht allein in der Linſe, ſondern auch in den beiden Kugeln nd die Stange ſelbſt, die keineswegs gewichtlos iſt, nimmt daran Theil; ird nur ein Theil der ſchweren Maſſe durch Wärme von dem Aufhängungs- nkte entfernt, ein anderer aber eben dadurch dem Aufhängungspunkte ge- ihert, ſo kann man es ſo einrichten, daß die beiden Effecte ſich vollkommen sgleichen.

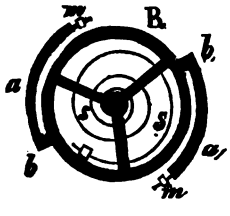
Fig. 276.

Ganz daſſelbe aber geſchieht bei Verkürzung der Pendelſtange durch Kälte. ie Linſe rückt dem Aufhängungspunkte näher, die beiden Federn, bei *f* nd *c* befeſtigt, krümmen ſich aber abwärts nach *m'* und *m'* und ſo wird ich für dieſe Art von Temperaturveränderung eine gleichbleibende Entfer- ung des Schwerpunktes vom *Aufhängungspunkte* ermöglicht.

Man nennt eine ſolche Veranſtaltung ein Compenſationspendel und es fehlt bei keiner aſtronomiſchen Uhr, wenn ſchon die Art der Compenſation häufig eine andere iſt als die hier beregte.

Auch für Taſchenuhren, für ſogenannte Chronometer wendet man dieſe Compenſation an. Die Fig. 277 zeigt die Unruhe einer Seeuhr, woran

Fig. 277.



ss die Spirale. An dem äußerſten Umfange der Unruhe ſitzen zwei Arme ab und $a,b,$ bei b und $b,$ einander genau gegenüber befeſtigt, ſie haben die Krümmung der Unruhe, ſo daß, ſo lang ſie ſind, ſie mit ihr parallel laufen. Die beiden Arme ab und $a,b,$ ſind, wie oben beſchrieben, aus Meſſing und Stahl zuſammengeſetzt und ſie tragen bei m und m' kleine Kügelchen von Gold, auf Schrauben beweglich, in welche die Arme enden.

Wenn nun durch Temperaturerhöhung die Unruhe größer wird, alſo eine langſamere Schwingung eintreten müßte, ſo krümmen ſich zugleich die beiden Arme und da ſie die ſchwerſten Maſſen, die Goldkügelchen tragen, ſo bringen ſie dieſe und mit ihnen den Schwerpunkt des ganzen Syſtems näher nach dem Mittelpunkt. Entgegengeſetztes geſchieht bei Erkältung, die Unruhe wird kleiner, der Schwerpunkt müßte dadurch nach der Mitte zu rücken, die Uhr alſo ſchneller gehen, da aber durch eben dieſe Erkältung die gekrümmten Arme ſich ſtrecken, ſo werden die Goldklümpchen nach außen gerückt.

Die Kunſt des Uhrmachers beſteht nun darin, Alles ſo abzugleichen, daß der Schwerpunkt der Unruhe unter allen Temperaturen, denen eine Uhr möglicher Weiſe ausgeſetzt werden kann, in unveränderter Entfernung von dem Mittelpunkt bleibt, daß mithin die Arme ſich genau um ſo viel krümmen oder ſtrecken, als die Unruhe ſich ausdehnt oder zuſammenzieht; früher darf die Bemühung um die Uhr nicht aufhören, das Ziel muß erreicht werden, alsdann darf man die Uhr bei + 30 Grad R. in der Taſche tragen und bei — 30 Grad auf den Tiſch neben den Compas legen, es wird der Gang der Uhr nicht verändert werden. Solche Uhren ſind denn auch enorm theuer, weil die Zeit bezahlt werden muß, „Zeit iſt Geld!“ „Zeit iſt Gold!“ ſollte man lieber ſagen und mehr als dies, verlornes Gold kann wieder gefunden oder wieder erworben werden, verlorne Zeit bleibt unwiederbringlich verloren.

Gewalt der Ausdehnung durch Wärme.

Bevor wir zu den Wärmemeſſern zurückkehren, möge hier noch ein intereſſantes Beiſpiel von der Gewalt der Ausdehnung und Zuſammenziehung durch Temperaturveränderung ſtehen, welches uns gleich zeigt, wie ſcheinbar unwichtige Dinge ihre practiſche Anwendung finden.

Das Conservatoire des Arts et Metiers in Paris war ſo ſchlecht fundamentirt, daß die Mauern des großen, kirchenartig ausgedehnten Hauptſaales ſich ſenkten, nach außen drückten und zu fallen drohten. Napoleon I. ließ den bedenklichen Gegenſtand unterſuchen und forderte einen Anſchlag über die Reparaturkoſten. Man grub, prüfte, ſtudirte und die Commiſſion kam zu dem Schluß, daß die Mauern abgebrochen, neue 10 Fuß tiefere Fundamente gelegt und daß die Wände dann wieder aufgeführt werden müßten; das Ganze würde etwa 10 Millionen Francs koſten.

Napoleon I., welcher wohl Geld zu Uniformen und Gewehren und zum Niederſchießen ganzer Armeen hatte, nicht aber wie ſein Neffe zum Niederreißen ganzer Stadttheile und zu einem dieſem folgenden Neubau, fand das zu theuer; als man aber nach einem Jahre in ihn drang und ihm die Gefahr vorſtellte, welche es für die Beſucher wie für die Bewohner haben könne, wenn das baufällige Haus ſtehen bleibe bis zum koſtenloſen Einſturz, ernannte er noch eine Commiſſion. Auch dieſe unterſuchte, prüfte, grub den Boden auf und kam zu dem Schluſſe, daß die Berichte der erſten Commiſſion höchſt lächerlich und übertrieben ſeien, man brauche die Mauern gar nicht abzubrechen, man werde an etwa zehn verſchiedenen Stellen unter jeder Mauer Schachte anlegen, dieſe etwa 40 Fuß tief legen, bis man auf den natürlichen Felsboden käme, dann wolle man breite Granitquadern unterführen, auf dieſe Schrauben ſetzen und mittelſt derſelben die Mauern gerade heben.

Sei dies geſchehen, ſo werde man ſehr leicht die übrigen geſchont gebliebenen Stellen gleichfalls unterfahren, mit Granitpfeilern unterſtützen können und das Gebäude bliebe erhalten, auch den Koſtenpunkt betreffend habe die frühere Commiſſion ſich große Uebertreibungen zu Schulden kommen laſſen, nicht 10,000,000 würde der Bau koſten, mit 9,850,000 ſei Alles abgemacht.

Napoleon fand ſich nicht bewogen, die Bemühungen der zweiten Commiſſion anzuerkennen, es blieb vorläufig beim Alten. Da trat der Ingenieur Morin, ein junger geiſtreicher Mann, an Napoleon und ſagte: er habe gleichfalls, aber für ſich und ohne große Anſtalten, den Schaden an dem

Hause untersucht und glaube ihn heilen zu können mit dem zehnten Theil von dem, was die beiden Commissionen für die Wiederherstellung verlangt.

Dies leuchtete ein, das Verlangte ward dem Ingenieur zur Disposition gestellt und er begann damit in ziemlicher Höhe armdicke Löcher durch die Mauern, in zwei Reihen über einander fortlaufend, meißeln zu lassen. Man war neugierig, was daraus werden würde, als aber nach einigen Wochen durch die Löcher auch armdicke Eisenstangen hinausragten, welche Schrauben mit sehr starkem Gewinde hatten, da fiel das Thermometer aller derjenigen, welche auf guten Erfolg gehofft hatten, weit unter Null und die beiden Commissionen, welche sich schon für blamirt gehalten, faßten wieder Muth. Das Haus durch Schrauben zusammenziehen, das war doch gar zu albern. Wo denn die Kraft her bekommen, um die jetzt allerdings sehr leicht gehenden Muttern anzuziehen, wenn einmal die Last des Hauses sich dagegen stemme? Die Commissionen lachten im Stillen und lachten laut, allein Morin ließ sich nicht stören, er arbeitete ruhig fort. An jede Stange ward ein breiter, mächtiger Kreuzanker angebracht, welcher in der Mitte sehr dick, nach den Enden schmal zulief und im Stande war, einen mächtigen Druck auszuhalten, ohne nachzugeben; es wurden ferner unter die niedrigere Reihe von Stangen, welche quer durch den großen Raum von einer Seitenmauer zur andern liefen, große viereckige Blechpfannen angebracht, die an eisernen Haken lose auf den Stangen hingen und abgenommen werden konnten, deren Zweck Niemand einsah, auf deren richtige, in bestimmter Entfernung gehaltene Befestigung Morin jedoch großen Werth legte.

Eines schönen Morgens sah man auf dem fliegenden Gerüst, das an den Stangenköpfen hing, die aus den Mauern herausragten, viele Leute emsig beschäftigt, die Schrauben anzuziehen, bis sie die breiten Sättel, welche unter den Muttern lagen, an die Mauer drückten. Nach einer kurzen Zeit ließ die Arbeit nach, die Leute oben überzeugten sich, daß die Schrauben sich nicht weiter anziehen ließen und die Zuschauer überzeugten sich, daß die ganze Unternehmung auf einem noch schlechteren Fundament ruhe als das zu reparirende Haus.

Am nächsten Morgen sah man mit Erstaunen, daß die Schrauben der ganzen unteren Reihe locker geworden waren, einen Zoll Spielraum ließen; Arbeiter auf dem fliegenden Gerüste waren beschäftigt, die Schrauben abermals anzuziehen. Nun wurde man neugierig. Am dritten Morgen waren sämmtliche Schrauben der oberen Reihe ganz locker, Arbeiter zogen sie an und in Kurzem konnte man sehen, wie auch die Schrauben der unteren Reihe locker wurden und darauf angezogen werden mußten.

So ging das etwa 14 Tage lang fort, bis man durch Vergleiche der

Richtungslinie mit andern Gebäuden gewahrte, daß die Mauern nicht mehr so schief standen, ja in Kurzem waren sie vollkommen senkrecht, wie sie hätten von Hause aus sein und bleiben sollen und die lachenden Gesichter der Mitglieder der Commissionen wurden sehr ernst, als sie sahen, daß durch ein unbekanntes, aber sichtlich höchst einfaches Mittel erreicht worden war, was sie für unmöglich gehalten.

Morin hatte zwei Reihen Stangen durch die Mauern geführt und auswendig durch sehr starke flache Schrauben die Anker an die Mauern drücken lassen. Nun hatte er in den Pfannen unter der untersten Reihe Feuer angezündet, dadurch waren die davon berührten Stangen heiß geworden und hatten sich verlängert. In diesem Zustande ragten sie weiter aus den Mauern als vorher und die Schrauben wurden so weit als möglich angezogen; das war die erste Morgenarbeit. Man ließ das Feuer verlöschen, die Stangen wurden kalt, zogen sich genau um so viel zusammen als sie sich vorher gestreckt hatten und da diese Bewegung eine vollkommen unwiderstehliche ist, so hoben sie die Mauern so weit empor als die Stangen sich zusammenzogen. Wäre dies nicht möglich gewesen, so hätten die Stangen reißen müssen, denn in der Spannung, in welcher sie erhitzt sich befanden, können sie nicht verharren, wenn sie abgekühlt sind. Umgekehrt versucht man eine zwischen Mauern oder Felsen eingeklemmte Eisenstange zu erhitzen, so wird sie entweder die Felsen aus ihren Lagern rücken, die Mauern umwerfen oder sie wird sich biegen.

Morin's eiserne Balken waren stark genug, sie rissen nicht, sie hoben die Mauern. Dadurch war nun eben die obere Reihe zu lang geworden, die Muttern legten sich nicht mehr an die Mauern und des zweiten Morgens Arbeit war, diese Schrauben anzuziehen. Dann erhitzte man wieder die untere Reihe; unterdessen diese nachgab, wodurch die Mauern hätten in ihre frühere Lage kommen müssen, hielt die obere Reihe Stangen die Mauern fest, die unteren aber, nachdem sie sich gestreckt hatten, wurden nun gleichfalls angezogen und während sie allmählig erkalteten, nahmen sie eben so allmählig die Mauern wieder um einen Zoll mit sich und machten die obere Reihe Stangen wieder los.

So geschah dies täglich in ein paar Morgenstunden, bis das Ziel erreicht war. Nun wurden die Fundamente unterfahren und als man Alles beendet, da war von dem geforderten Zehntheil noch nicht die Hälfte verbraucht, was Napoleon natürlich veranlaßte, die andere halbe Million dem geschickten Ingenieur zu schenken und ihn überdies noch mit dem Officierkreuz der Ehrenlegion zu schmücken.

Die eine Reihe der Stangen blieb in den Mauern stecken, vielleicht

im Gefühl der nicht sicheren Untermauerung der Fundamente, vielleicht zur Erinnerung an die Art der Aufrichtung und sie ist noch heute daselbst zu sehen als Zeuge, welche Resultate eine vernünftige Anwendung der Naturgesetze giebt. Hier ist auf die bisher bekannt gewordene großartigste Weise nichts weiter ausgebeutet von diesen Gesetzen, als daß Erwärmung die Körper ausdehnt, Erkältung sie zusammenzieht.

Maß der Ausdehnung.

Diese Ausdehnung zu messen, ist eine Aufgabe der Physik und das Maß dieser Ausdehnung wiederum auf die Schätzung der Temperatur anzuwenden, ist die Aufgabe der Thermometrie, der Wärmemeßkunst. Unsere sämmtlichen Thermometer sind nichts weiter als Instrumente, welche die Ausdehnung des Wärme aufnehmenden Körpers messen und aus dieser Ausdehnung einen Rückschluß auf diejenige Wärmemenge gestatten, welche nöthig war, um die Körper bis auf diesen Grad auszudehnen.

Ein Maßstab für die Wärme wären demnach ein Paar ganz gleicher und fein getheilter Stangen, von denen die eine der zu prüfenden Temperatur ausgesetzt würde, indessen die andere auf derjenigen Temperatur bliebe, welche beim Theilen angewendet wurde. Legt man nun die erwärmte Stange neben die kalte, so ist eine gewissermaßen der Nonius der andern und man kann an dem Grade der mangelnden Uebereinstimmung in den Theilstrichen den Grad der Ausdehnung sehr gut messen und aus dieser Ausdehnung auf die Wärmemenge schließen, welche erforderlich war.

Durch das Gewicht läßt sich dies nicht ermitteln, denn die Wärme giebt Ausdehnung ohne Gewichtszunahme. Ein Kind dehnt sich auch aus, aber mit Gewichtszunahme, der Stoff, welcher die Ausdehnung bei den wachsenden Thieren bewirkt, ist nicht unwägbar, es ist der Nahrungsstoff, Brodt, Gemüse, Fleisch, Milch, Fett u. s. w. Mit der Wärme nicht so, die Körper wachsen dadurch auch, sie werden länger und dicker, aber der Stoff, welcher dies bewerkstelligt und diese Arbeit verrichtet, ist selbst nicht wägbar, seine Arbeit besteht darin, ein größeres Haus aus demselben Material zu bauen, es sind dann in diesem größeren Hause mehr leere Zwischenräume und wahrscheinlich auch dünnere Wände.

Wo der Körper durch die Wärme sich ausdehnt, aber entweicht aus einer Oeffnung, wie bei Flüssigkeiten und Gasarten, kann man beim Zurückführen auf die vorige Temperatur sehr gut den Wärmegrad messen, welcher zu der Ausdehnung nöthig war und dieses durch das Gewicht; denn ist eine Kugel ganz gefüllt mit Quecksilber gewogen worden und wird sie (die

ine feine Oeffnung hat) erhitzt, ſo daß Queckſilber ausfließt, ſo kann man ach dem Erkalten mittelſt der Wage höchſt genau beſtimmen, wie viel aus- eſloſſen iſt und wenn man die Ausdehnung des Queckſilbers durch Tempe- aturerhöhung kennt, kann man ganz genau auf den Grad von Wärme chließen, welcher nöthig war, um ſo viel Queckſilber ausfließen zu machen.

Die Methode giebt das beſte Regiſterthermometer und den beſten)itzemeſſer (Pyrometer).

Ausflußthermometer.

Das Erſtere nennt man Ausflußthermometer und man bedient ſich eſſen, um es in Räume zu ſchicken, in welche man nicht ſelbſt hingelangen ann, um zu beobachten. Nehmen wir an, das Waſſer in einem 2000 Fuß iefen arteſiſchen Brunnen, welches mit 32 Grad oben aus der Mündung ausſtrömt, ſoll unten an ſeiner Quelle unterſucht werden. Dorthin kann natürlich Niemand gelangen, abgeſehen von dem Waſſer, welches die Röhre erfüllt, iſt ſie auch zu eng, mithin, auch wenn ſie leer wäre nicht prac- ticabel und ein gewöhnliches Thermometer hinabſchicken, würde allerdings zu nichts führen, denn obſchon es unten angelangt bald die verlangte Tempe- ratur annähme, ſo würde es dieſelbe doch nicht mit an die Oberfläche bringen, ſondern dieſelbe im Heraufgehen austauſchen gegen die unterwegs darauf einwirkenden Temperaturen.

Um nun ein Thermometer, welches die angenommenen Wärmegrade behält, zu erlangen, läßt man ein gewöhnliches Thermometerrohr oben, wo es zugeſchmolzen zu ſein pflegt, offen, dies iſt die ganze Kunſt. Es wird beobachtet, bei welcher Temperatur man es gefertigt und gefüllt hat, nun ſieht man zu, wie viel bei jedem Grade, um den man es erwärmt, ausfließt.

Dies hat allerdings die Unbequemlichkeit, daß man es immer wieder füllen muß und daß man bei jedem Experiment etwas Queckſilber verliert, allein eine geringfügige Veränderung beſeitigt dieſe Fehler. Man verengert die Spitze des Thermometerrohres, biegt ſie krumm und bläſt eine kleine Kugel daran, die nunmehr zugeſchmolzen wird, dann hat dieſes Thermometer zwei Kugeln, deren eine dazu dient, den thermoſcopiſchen Körper ein- für allemal aufzunehmen, die andere aber, um diejenige kleine Quantität, welche durch Temperaturerhöhung aus der Spitze ausfließt, zu empfangen. Nun hat das Inſtrument keinen Fehler mehr, man ſenkt es in einen mit böſen Wettern erfüllten Schacht, man ſenkt es in den Keſſel einer Dampfmaſchine, in ein arteſiſches Bohrloch, durch jede der dadurch bewirkten Temperatur-

erhöhungen fließt die entsprechende Quantität aus dem Hauptrohr aus in die kleine Kugel am oberen Ende, man mißt nach, welchem Grade das Ausgeflossene entspricht und kehrt alsdann das Thermometer um, so daß der Queckſilberfaden im Rohr mit dem in die kleine Kugel getretenen ſich verbindet, beim vorſichtigen Neigen fließt dann Alles in das halb leer geweſene Rohr zurück, nichts bleibt in der kleinen Kugel und das wieder ganz gefüllte Thermometer iſt zum neuen Verſuche fertig.

Luftpyrometer.

Der Gedanke, das Ausfließen eines Körpers zum Meſſen ſeiner Ausdehnung und ſomit zum Wärmemeſſer zu machen, ſtammt von dem Herzog v. Devonſhire her und iſt in vielfältigen Abänderungen angewendet worden. Eine der zweckmäßigſten iſt die von Peterſen zur Meſſung großer Hitzegrade angewendete Platinbirne. Aus dem gedachten feuerbeſtändigen Metall wird eine Birne getrieben oder aus zwei Hälften mit Gold zuſammengelöthet (was jedoch darum nachtheilig iſt, weil die Löthſtelle bei einer Hitze, die dem Schmelzpunkte des Goldes entſpricht, aus einander geht) und an der Stelle, an welcher ſich der Stiel befinden würde, mit einem Schraubengewinde verſehen, auf welches ein gleichfalls mit Schrauben verſehener Deckel paßt, der jedoch nur ganz locker darauf ſitzen darf, ſo daß die Luft aus dem Innern entweichen kann, ohne das Gefäß aufzutreiben oder gar zu zerſprengen.

Man prüft ſehr genau das Gewicht der Metallmaſſe im leeren Zuſtande, füllt daſſelbe dann mit deſtillirtem Waſſer, um das Volumen Luft, welches der hohle Inhalt bergen kann, zu ermitteln und entfernt nun durch Erwärmen das Waſſer nicht nur, ſondern auch die darin zurückbleibenden Dämpfe.

Man weiß jetzt das Gewicht des Platingefäßes, das des Waſſers mit dem Platingefäße und hat durch Abzug des erſteren vom letzteren das Gewicht des Waſſers, welches in das Gefäß geht und kennt natürlich aus dieſem Gewicht das Volumen des Waſſers oder der Luft, die hier hineingeht. Damit es ſich leicht behandeln laſſe und nicht theuer werde, macht man es gewöhnlich klein wie eine Wallnuß, ungefähr von einem Kubikzoll Inhalt, allein wenn es auch nur die Hälfte oder den vierten Theil dieſes Inhaltes hat, ſo iſt das ſchon groß genug.

Bei der Anfertigung hat man darauf zu ſehen, daß die Gegend des *dünneren* Halſes oder Stieles der Birne ſtärker von Metall ſei als des

ibrigen Körpers, auch an der Metalldicke des Deckels darf man nicht paren, wir werden ſehen weshalb.

Soll nun ein Verſuch gemacht werden, ſo beſorgt man ſich eine kleine Muffel von unſchmelzbarem Thon oder von Graphit, die in eine lange und chmale Zange paßt, mit welcher man ſie in die Feuermaſſe halten kann. In die Muffel legt man das Luft enthaltende Platingefäß, Muffel und Gefäß bringt man in das Feuer und läßt beiden Zeit, die in dem Porzellan-ofen, Glühofen ꝛc. befindliche Temperatur anzunehmen. Da die Zange (oder in Eiſenring mit langem Eiſenſtiel) gleichfalls in dem Feuer bleiben muß, o wird, damit er nicht verbrenne, derſelbe vorher mit Thon beſchlagen. Das Verharren in demſelben Feuer iſt nämlich unerläßlich, weil das Ab-ſchätzen der Temperatur durch Herausnehmen der Platinbirne bewerkſtelligt wird und dieſe natürlich ihre Temperatur in dem Augenblick verlieren würde, in welchem die kalte Zange den Apparat faßt.

Glaubt man, die Graphitmuffel und das darin liegende Platingefäß habe die Temperatur des Ofens oder was man ſonſt unterſuchen will, den Schmelzpunkt eines Metalles, den Glühepunkt eines anderen erreicht, ſo nimmt man mittelſt des aus dem Ofen reichenden Stieles oder der Zange dieſe Muffel heraus und ſtürzt ſie in ein bereitſtehendes Gefäß mit reinem deſtillirtem Waſſer um, ſo daß nur die Platinbirne hinein fällt. Es muß dieſes ſo ſchnell geſchehen, daß die Birne nicht Zeit hat, ſich um einen Grad abzukühlen, die Abkühlung darf lediglich innerhalb Waſſers geſchehen.

Der Erfolg dieſes Experimentes iſt zuerſt, daß, ſobald die leicht ver-ſchloſſene (durchaus nicht luftdicht zugeſchraubte) Birne in den zu unter-ſuchenden Feuerraum kommt, die darin enthaltene Luft ſich ausdehnt und nach Maßgabe der Erhitzung entweicht, ſie muß zwiſchen den Schrauben-gängen hindurch können, einen ſchwierigen, aber ſicheren Ausgang finden.

Hat die Birne die Temperatur des Feuerraums angenommen, ſo iſt auch die Luft daraus in dem Grade vertrieben, als es durch die vorhandene Temperatur möglich iſt und die dadurch erzielte Luftverdünnung entſpricht alſo der Höhe der Temperatur. Wirft man nun die glühende mit höchſt verdünnter Luft gefüllte Birne in das Waſſer, ſo wird dieſes durch den Druck der Atmoſphäre in den nunmehr abgekühlten Raum hinein getrieben, weil die darin enthaltene geringe Menge Luft der äußeren nicht mehr das Gleichgewicht halten kann, was ſie in ihrem zwar verdünnten, aber auch o hoch erhitzten Zuſtande konnte, weil dadurch ihre Elaſticität ſo weit als um Widerſtande nöthig erhöht war.

Hat man alſo das Experiment mit der gehörigen Vorſicht gemacht, ſo wird man nun die *Birne aus dem Waſſer* nehmen, ſie ſorgfältig außen

mit Fließpapier abtrocknen und dann wieder wiegen müssen. Man wird sich überzeugen, daß die Birne jetzt nicht so viel wiegt als da man sie mit Wasser ganz gefüllt abwog. Dasjenige um was sie weniger wiegt — also beispielsweise ein Gran — entspricht dem Luftraum, welcher noch nicht mit Wasser gefüllt, auch nicht gefüllt werden konnte, da die Einrichtung der Birne nicht zuließ, daß sie anders in das Wasser fallen konnte als mit der Mündung zuerst, welche der schwerste, dickste Theil derselben ist. So viel Luft ist also noch darin, daß der Raum, den sie einnimmt, wenn er statt mit Luft mit Wasser gefüllt wäre, einen Gran wiegen würde. Da Luft aber 800 Mal leichter ist, so entspricht dies $\frac{1}{800}$ Gran Luft oder einem Volumen, welches sich zu der vollen Birne verhält wie die Temperatur, bei der das Instrument geregelt worden, zu der Temperatur, bei welcher man es aus dem Feuer genommen.

Es ist begreiflich, daß zu dem Instrumente eine Scala gefertigt werden muß, welche aus dem bloßen Gewichte des Wassers nach dem Glühversuch die Luftverdünnung und die zu derselben erforderliche Temperatur angiebt, denn erst durch eine solche wird das Instrument practisch brauchbar, allein es leidet auch dieses wie alle bisher erfundenen Pyrometer an großen Fehlern. Höchste Grade von Hitze, z. B. die eines Knallgasgebläses oder die des elektrischen Lichtbogens einer großen Batterie kann man damit nicht messen, weil das Platina selbst in diesen Temperaturen schmilzt, welche bekanntlich Alles zerstören oder in Fluß bringen, was wir bis jetzt für unzerstörbar gehalten.

Pyrometer durch Legirungen.

Ein Vorschlag von J. Prinsep, hohe Grade von Hitze zu messen, zeigt, wie sehr man sich vor Täuschungen durch Schlüsse zu hüten habe. Derselbe räth, den Schmelzpunkt von Silber, Gold und Platin als drei feste Punkte zu wählen und die Zwischenstufen dadurch zu bestimmen, daß man 99 Procent Silber mit 1 Procent Gold, 98 Procent Silber mit 2 Procent Gold ꝛc., eben so mit Platina, zu einer Legirung verbinde, davon Körnchen in einem Kästchen zu einer ununterbrochenen Reihe, die mit Nummern bezeichnet ist, vereinige. Wenn man nun prüfen wolle, welche Hitze dieser oder jener Raum habe, solle man ein Kügelchen von diesem Metall mischen, in einen kleinen Tiegel thun und sehen, ob dasselbe schmilzt. Geschieht dies, so nimmt man nun ein weniger schmelzbares, geschieht es noch nicht, so *nimmt man* ein leichter schmelzbares Metallkügelchen, bis man zu der

enze gelangt ist, wo das eine Kügelchen schmilzt und das unmittelbar auf folgende nicht mehr.

Abgesehen davon, daß dieses Verfahren ein höchst mühsames ist, daß n vielleicht zehn oder zwanzig Proben machen kann, bevor man an die hte Stelle kommt, abgesehen davon, daß die mehrere hundert Kügelchen leicht verwechselt werden können wie hundert in einer Reihe liegende bsen (diese kann man noch allenfalls bezeichnen, das ist mit den Metall-elchen nur vor der Ablieferung der Fall, nach der ersten Probe ist das ichen verschwunden, läßt sich auch bei hundert Kügelchen nur mikroskopisch sführen), abgesehen hiervon ist das ganze Verfahren gänzlich unrichtig, n Legirungen haben ganz andere Schmelzpunkte als sie nach Berechnung : Schmelzpunkte der einzelnen Metalle haben müßten, nicht nur stehen sie em oder dem anderen Metalle viel näher als das Mischungsverhältniß rmuthen läßt, sie sind auch oft weit unter dem Mischungsverhältniß beider er dreier Metalle.

Messing besteht aus dem bei 1080 Grad schmelzbaren Kupfer und m bei 433 Grad schmelzbaren Zink. Sind die Metalle zu gleichen Theilen mischt, so sollte der Schmelzpunkt 750 Grad sein, er ist aber 912, be-ht die Mischung aus 3 Theilen Kupfer und 1 Theil Zink, so müßte der chmelzpunkt 893 betragen, er hat aber wirklich 970.

Das chinesische Metallgemisch Pakfong aus Kupfer und einem geringen ıfatz von Zinn bestehend, müßte bei niederer Temperatur schmelzen als upfer (1080 Grad), es schmilzt aber erst bei viel höherer, nämlich bei 200. Das Rose'sche Metallgemisch besteht aus 1 Theil Zinn, 4 Theilen Bismuth und 1 Theil Blei. Nach diesem Legirungsverhältniß müßte das emisch bei 278 Grad schmelzen, es schmilzt aber schon im siedenden Wasser, noch vor dem Kochpunkt desselben, nämlich schon bei 92 Grad und es dasselbe Gemisch, welches von den sogenannten unverbrennlichen Spa-ern gebraucht wird, um zu beweisen, daß sie Oel trinken, welches so heiß , daß ein zinnerner Löffel darin schmilzt. Dieser Löffel ist aber nicht n Zinn, sondern von dem eben gedachten leicht schmelzbaren Metallgemisch.

Daß aber diese Beispiele nicht vereinzelt dastehen, zeigt sich aus der rwendung solcher Legirungen für den technischen Gebrauch als des Schlage-hes der Kupferschmiede, des Schnellothes der Klempner, des Rothgusses : Gelbgießer, welche aber ganz andere Temperaturen für die resp. Schmelz-nkte zeigen, als den Mischungsverhältnissen nach dieselben haben müßten.

Es ist schwer zu fassen, wie ein Mann, der so wenig von den tech-chen Verhältnissen versteht, Vorschläge zu so wichtigen Instrumenten zu chen sich *erdreisten kann.*

die Rinne zwiſchen den beiden Leiſten mit einer Ausdehnung von $^5/_{10}$ Zoll beginnt und mit $^3/_{10}$ Zoll aufhört, man ſieht, daß dieſes ganz gleichgültig iſt und auf eins und daſſelbe hinausläuft.

Die Thoncylinder ſind in einer Form gepreßt, bei der Temperatur von 100 Grad getrocknet und nachher leicht geglüht, ſo daß ſie ſich bereits etwas über ihre Trockentemperatur zuſammengezogen haben, der Anfangspunkt der Scala entſpricht nach Wedgewood's Verſuchen dem 464. Grad der Réaumur'ſchen Scala, von hier iſt die ganze Länge der Doppelſcala in 240 Grade getheilt und jeder Grad entſpricht 44 ½ Graden des gedachten Thermometers.

Wenn man nun die Probe machen will, ſo erhitzt man ein ſolches Cylinderchen, wie ſie zu den Pyrometern gehören, und zwar indem es (in eine Muffel eingeſchloſſen) in das Feuer gebracht wird. Man läßt es, nachdem die Temperatur des zu prüfenden Raumes angenommen iſt, erkalten und ſieht, wie weit es ſich ſchieben läßt. Wir wollen annehmen, es ſei bis zum 120. Grade gegangen und habe vor dem Glühen ſchon bis zum dritten Theilſtriche gereicht, ſo würde das Exempel ſein 120°—3° iſt gleich 117 Pyrometergraden, dieſe ſind gleich 5214 ½ Grad R., dazu die 464 Grad R., bei denen der Cylinder zuerſt geglüht iſt, macht in Summa 5678 ½ Grad R.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieſes an ſich höchſt einfache Inſtrument ganz vortrefflich wäre, wenn man nicht wegen des Materials zu den Thoncylindern an einen Ort gebunden wäre und wenn die Zuſammenziehung des Thones genau den Hitzegraden, die er empfangen hat, entſpräche.

Das Erſtere betreffend, ſo müßte man für jeden anderen Thon eine andere Scala herausſuchen und probiren, ob dies geſchehen, konnte bei Empfang des Inſtrumentes oder bei den Angaben, die daſſelbe macht, Niemand wiſſen — ſchon ſehr große Uebelſtände. Das Zweite aber iſt ein Uebel, das ſich nicht beſeitigen läßt. Die ungleiche Zuſammenziehung bei gleichen Hitzegraden iſt gar nicht zu berechnen, ja drei oder mehr Cylinder aus dem echten Thon aus Cornwales, welchen Wedgewood ſelbſt anwandte, in daſſelbe Feuer gelegt, mit einander in der nämlichen Muffel geglüht, gehen verſchieden weit zwiſchen die Meſſingſtäbe der Scala; das Schlimmſte aber iſt, daß der Thon ſich durch längeres Verweilen in mäßigen Hitzegraden eben ſo ſtark zuſammenzieht als ob er kürzere Zeit bei höheren Hitzegraden im Feuer gelegen hätte. Es tritt alſo in das Rechenexempel noch ein neuer Factor ein, die Zeit, es iſt wichtig zu wiſſen, wie lange der Cylinder in der Gluth gelegen hat. Das Alles macht die Anwendung des Wedgewood'ſchen Pyrometers höchſt unbequem, ſo einfach ſie auch ausſieht.

Man iſt deshalb von demſelben zurückgekommen und es iſt jetzt wohl

irgend mehr im Gebrauch, wird aber in alten Sammlungen physikalischer nstrumente noch als Cabinetsstück aufbewahrt.

Verfertigung der Thermometer.

Nachdem wir die historischen Thatsachen mitgetheilt und das Princip, orauf die Thermometrie sich stützt, angeführt haben, wollen wir noch einige Worte über die Anfertigung der Thermometer sagen.

Man sucht sich vor allen Dingen eine Glasröhre aus, welche innerlich berall gleiche Weite hat. Das Mittel, dies zu erforschen, heißt calibriren. Nan steckt das eine Ende der Röhre in ein Queckſilbergefäß und saugt an em andern mit dem Munde so lange, bis ein wenig Queckſilber hineingetreten ist (1 Zoll, 2 Zoll lang, gleichviel); man mißt mit den Spitzen eines Zirkels möglichst genau ab, wie weit die beiden Enden des Queckſilberfadens in der Röhre von einander entfernt sind. Nun neigt man die horizontal liegende Röhre so weit, bis der Queckſilberfaden im Innern eine andere Stelle einnimmt, dann mißt man wieder und zwar nicht, indem man den Zirkel mehr oder minder öffnet, sondern lediglich indem man zusieht, ob die einmalige Oeffnung des Zirkels auch auf das Stück Queckſilber in seiner neuen Lage paßt.

Man setzt den Versuch durch die ganze Länge der Röhre fort und hat man das Queckſilber überall gleich lang gefunden, so ist die Röhre vortrefflich und kann zu einem Thermometer von hohem Werthe verarbeitet werden. Ist der Versuch nicht so ausgefallen, so muß man die Röhre verwerfen, denn wenn man dies nicht will, so hätte man überhaupt nicht calibriren, sondern die Röhre so nehmen müssen, wie der Zufall sie giebt. So werden auch die meisten Thermometer gemacht, die man für ½ bis zu 2 und 3 Thaler im Preise käuflich erhält, denn bei allen diesen wird nur die etwaige äußere Eleganz bezahlt. Ist das Thermometer aber gewissenhaft calibrirt, so steigt sein Preis auch bei der äußerlich einfachsten Behandlung sofort auf 10—15 Thaler und mehr.

An das Rohr bläst man eine kleine Kugel mit einem Knopf, welche einigen Schutz gegen das leichte Zerschlagen gewährt, viel freilich nicht, weil die Kugel doch von möglichst dünnem Glase sein muß. Die Theorie will, daß man das Blasen nicht mit dem Munde verrichte, weil dadurch Feuchtigkeit in die Röhre kommt, man soll es mit einem Beutel von elastischem Gummi thun, der an das obere Ende der Röhre angebunden ist, allein dies eschieht wohl nirgends, weil die Behandlung der Röhre dadurch sehr beschwerlich und eigentlich *ungeschickt wird.*

Ist die Kugel in einer angemessenen Größe fertig (angemessen für die Weite der Röhre), so läßt man sie so weit abkühlen, daß sie nicht mehr sengt, dann hält man das offene Ende der Röhre in ein Gefäß mit Quecksilber und läßt dasselbe in den luftverdünnten Raum hineinsteigen.

Geschieht dies nicht ferner, so kehrt man das Thermometer um, daß die Kugel nach unten kommt und erwärmt sie dann wieder, wodurch abermals Luft ausgetrieben wird, an deren Stelle man beim Erkalten auf die vorhin angegebene Weise Quecksilber bringt.

Weiteres Verfahren.

Man wird dies wohl noch ein paar Mal fortsetzen müssen, bis die Kugel und etwa ein Viertheil der Röhre mit Quecksilber gefüllt sind. Nunmehr bringt man die Mündung der Röhre vor eine Glasbläserlampe, zieht sie in eine feine Spitze aus und bricht diese ab, so daß auf der cylindrischen Glasröhre ein offener Kegel von dünnerem Glase stehen bleibt. Man hält diese Spitze in der Nähe der Gebläselampe, indeß eine kleine Spiritusflamme unter der Kugel befindlich, damit das Quecksilber steige. Ist dies so weit gestiegen, daß es sich dicht unter der Spitze befindet, so wird die Spiritusflamme von einer Person weggenommen, von der andern das Gebläse in Thätigkeit gesetzt und so lange noch das Quecksilber hoch oben an der Oeffnung steht, diese zugeschmolzen.

Es ist solches Verfahren nothwendig, um das Thermometerrohr luftleer zu machen, wäre dies nicht der Fall, so würde bei dem Steigen des Quecksilbers in dem Rohre die Luft darin bald auf die Hälfte, auf den dritten, vierten Theil ihres Volumens zusammengedrückt werden und also sehr stark gegen das Quecksilber wirken und da sie nicht hindern könnte, daß das Quecksilber sich ausdehnt, wenn es wärmer wird, so würde sie das dünne Glas der Kugel entweder sprengen oder so sehr erweitern, daß alle Angaben unrichtig würden.

Dieses Luftleermachen ist also nöthig, hat aber wieder einen entgegengesetzten Nachtheil, der mit der Zeit hervortritt. Da nämlich nun nur einseitiger Luftdruck stattfindet, so wirkt dieser von außen nach innen verengernd auf die Glaskugel. Es ist zwar so wenig, daß es sich der nicht ganz aufmerksamen Beobachtung entzieht, allein es beträgt doch nach und nach so viel, daß es im Laufe einiger Monate das Thermometer um $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grad unrichtig gehen macht. Deshalb pflegt man jetzt, da man diese lange verborgen gebliebene Eigenschaft kennt, die Thermometerröhren nicht gleich nach dem Fertigen zu graduiren oder die Fundamentalpunkte zu be-

imen, sondern man läßt die Röhren (in den Fabriken natürlich zu tau-
)en) 3 bis 4 Monate ungebraucht liegen, dann erst bestimmt man den
ſt- und den Siedepunkt und ist dies geschehen, so theilt man dieselben
die üblichen Grade. Hat man diese Vorsicht befolgt (welche allerdings
:m Fabrikanten leichter wird als einem Dilettanten, der dies Alles zu
em Vergnügen und seiner Belehrung unternimmt), so bleibt das Ther-
meter nun für alle Zeiträume, die man bis jetzt zu beobachten Gelegenheit
te, unverändert, es sei denn, daß man das Thermometer zur Bestimmung
: hoher Hitzegrade, wie etwa der Siedepunkt des Quecksilbers und Aehn-
es benützte, denn alsdann findet immer wieder eine solche übermäßige
:eckung und Ausdehnung des Glases statt, welche erst in mehreren Mo-
en sich so weit wieder setzt, daß die alte Scala in allen Theilen gleich
uchbar ist.

Man fordert nun zwei feste Punkte, zwei Temperaturen, welche immer
ch bleiben, unter welchen Umständen sie auch gesucht werden mögen.
näherungsweise giebt es deren mehrere, genau nur einen. Aus einem
nkte aber läßt sich kein Abstand herleiten, da muß man denn für den
iten festen Punkt die Umstände entweder künstlich herbeiführen oder die-
gen abwarten, unter denen er gleichfalls zu finden ist.

Fundamentalabstand.

Wasser gefriert unter sehr verschiedenen Temperaturen, Eis kann kalt
) kälter werden, man hat im Freien Eis beobachtet, das 45 Grad C.
er 0 war; diese beiden Gegenstände geben also keinen bestimmten Punkt.
hrenheit's künstlicher Frostpunkt ist gleichfalls sehr schwankend; wenn
n Salmiak und Eis in gleicher Menge mischt, bei einer Temperatur,
che dem Frostpunkte entspricht, so bekommt man etwa — 10 Grad R.,
m die beiden Gegenstände Eis und Salz aber selbst — 8 Grad haben,
sinkt bei der Vermischung die Temperatur nicht bloß auf 13½ Grad
ter 0, sondern auf — 18 Grad, stellt man in diese kalte Mischung wieder
s im zerstoßenen Zustande oder Schnee und Salmiak, beides in einem
ten Gefäße und mischt man die so erkälteten Substanzen nun mit einander,
erhält man — 24 Grad. Man sieht hieraus, daß die Vermischung von
lmiak mit Schnee keineswegs einen festen Punkt giebt, wie Fahrenheit
inte.

In dieser Region aber ist derselbe doch zu finden, es ist nicht die
mperatur, bei welcher Wasser gefriert, es ist diejenige, bei welcher Eis
milzt. Es ist nämlich *ganz gleich, ob* dies im Freien oder im warmen

Zimmer geſchieht, gleichviel ob es durch heißes oder durch kaltes Waſſer bewerkſtelligt wird, gleichviel ob es auf dem Tiſche in einem hölzernen Gefäß oder über dem lebhafteſten Feuer in einem Metallgefäße geſchieht, ſobald man ſiedendes Waſſer mit einer gehörigen Menge Eis in Berührung bringt, ſo daß noch Eis ungeſchmolzen übrig bleibt, ſo nimmt dieſes Gemiſch eine Temperatur an, welche man die des ſchmelzenden Eiſes nennt und welche ganz dieſelbe iſt, als wenn man kaltes Waſſer auf dieſes Eis gießt.

Wenn man Schnee in einem kupfernen Keſſel über Kohlen ſetzt, ſo ſchmilzt der Schnee, nachdem vorher derſelbe, der vielleicht — 10 Grad hatte, auf — 8, 4, 1, auf 0 Grad geſtiegen war. Nun ſteigt das Thermometer nicht mehr, der Schnee wird nicht + 1, 5, 10 Grad warm, er bleibt auf 0 Grad ſtehen, dagegen wird er flüſſig, er wird in Waſſer verwandelt, aber dieſes Waſſer wird auch nicht warm, es bleibt auf 0 Grad ſtehen, bis das letzte bischen Schnee oder Eis geſchmolzen iſt, von dieſem Augenblick ſteigt die Temperatur des Waſſers bis zum Sieden, keine Secunde früher.

Dove in ſeiner geiſtreichen, anſchaulich machenden Weiſe ſagt: die Wärme verrichtet eine Arbeit, ſo lange ſie dieſes thut, kann ſie nichts anderes thun; man ſagt zu ihr: ſchmilz dieſes Eis, gut, das geſchieht, man verlangt nun von ihr, ſie ſoll das geſchmolzene Eis, das Waſſer, auch noch erwärmen, da ſagt ſie: „warte nur noch ein wenig, ich habe jetzt mit Eisſchmelzen genug zu thun, wenn ich damit fertig bin, dann ſtehe ich gern zu Dienſten.“ Und in der That iſt es ſo, ſie läßt ſich nicht bereden, ſie läßt ſich nichts abhandeln, ſie erwärmt das Waſſer nicht, bevor ſie mit dem Schmelzen des Eiſes fertig iſt.

Hier wäre alſo ein feſter Punkt. Aber das giebt uns noch keinen Abſtand, wir müſſen noch einen zweiten ſolchen Punkt einer immer gleich bleibenden Temperatur haben. Der Gedanke, die menſchliche Blutwärme als ſolchen zu betrachten, lag, ſo lange es noch keine Thermometer gab, gar nicht ſo nahe als man glaubt, wurde aber doch vorgeſchlagen, und als man hiermit die erſten Thermometer graduirte, hatte man wirklich etwas, man überzeugte ſich mit den neu gefertigten Inſtrumenten, daß die thieriſche Wärme warmblütiger Thiere immer gleich bleibe. Mit neueren guten Inſtrumenten hat man ſich allerdings ſeit 80 und mehr Jahren überzeugt, daß ſie nicht gleich bleibe und daß es Menſchen giebt, welche nur 29 Grad R. und andere, welche 31 Grad R. Blutwärme haben; iſt aber ein Schwanken um volle 2 Grad vorhanden, ſo kann man dies keinen feſten Punkt nennen. Eben ſo iſt es mit der Kellerwärme, die zwar (wenn der Keller nur tief genug iſt) in Berlin unter allen Umſtänden 8 Grad R., in Paris aber

ieswegs auch 8, ſondern 10 Grad R. und in München, welches damit ter gleicher Breite liegt, nur 5 Grad R. ſein wird, d. h. es giebt keine llerwärme im Allgemeinen, denn ſie iſt in Rom 12 und in Cairo 22 Grad, Irkuzk — 5 Grad, kurz ſie iſt die mittlere Bodentemperatur und ſo wie ſe nach geographiſcher Breite und nach der Höhe über dem Meere ver- ieden iſt, ſo iſt auch die Kellertemperatur verſchieden.

Siedhitze.

Wenn wir uns wieder an das Waſſer wenden, vielleicht bekommen r von demſelben noch einen feſten Punkt, den Siedepunkt. „Gewiß — gte ein gelehrter Apotheker in Schwaben — das iſt ein feſter Punkt, nn das Waſſer kocht, ſo kocht es, heißer als kochend kann es nicht rden.“

Der Mann hat ganz recht, heißer als kochend kann Waſſer nicht wer- n, aber bei welcher Temperatur es kocht, das iſt die Frage. „Immer i derſelben“, ſagte der gelehrte Thebaner, „Sie werden mir mit aller elehrſamkeit nicht weis machen, daß man Waſſer bei höherer Temperatur s 80 Grad zum Kochen bringen könne.“ Der Verfaſſer gab ſich die öße Mühe, dem Mann zu beweiſen, daß die Kochhitze des Waſſers vom ftdruck abhänge und daß, wie man mit weniger Wärme Waſſer kochen nne und bei minderem Luftdruck unter der Glocke einer Luftpumpe ies gab er unbedingt zu, das hatte er einmal in ſeinen jungen Jahren ſehen), eben ſo daß man bei erhöhtem Luftdruck mehr Wärme zu dem- lben Zweck brauchen werde — vergeblich! Er blieb bei dem, was er ge- nnt hatte.

Meine lieben Leſer wiſſen das beſſer, ſie wiſſen, daß in einem gut rſchloſſenen Keſſel das Waſſer bei 80 Grad noch nicht zum Kochen kommt, : wiſſen, daß die Dampfmaſchinen mit Hochdruck nur dadurch ſo gewaltig irkſam ſind, daß man Waſſer im verſchloſſenen Raum auf 100, auf 50 Grad R. kommen läßt und erſt hiervon die entwickelten Dämpfe (welche türlich auch viel heißer ſind als die des Waſſers an freier Luft) auf die tempel der Dampfmaſchine wirken läßt, ſie wiſſen demnach überhaupt, aß der Siedepunkt des Waſſers vom Luftdruck abhängt und daß alſo, da er Luftdruck ohne alle künſtliche Vermehrung oder Verminderung deſſelben n der Erdoberfläche um 2 ½ Zoll Barometerhöhe wechſelt, ja wenn man n der Erdoberfläche bergan ſteigt, um 14 Zoll wechſelt, d. h. um die ganze älfte des Druckes der Luft, der Siedepunkt des Waſſers durchaus kein eſtimmter ſein könne.

Wie wird man es denn nun machen, um dennoch einen zweiten festen Punkt zu haben? Man wählt den Siedepunkt des Wassers bei einem bestimmten Luftdruck, auf guten Thermometern steht auch jederzeit „graduirt bei einem Barometerstande von — Zoll.“ Wenn diese Zahl nun gerade 28 ist (welches man als den Normalstand zu betrachten sich gewöhnt hat), bedarf es weiter keiner Berichtigung, eine solche aber, bei jedem andern Barometerstande nöthige, kann leicht gemacht werden, wenn man den Stand kennt, bei welchem der Siedepunkt des Wassers genommen worden ist.

Auf diese Weise bestimmt, ist der Siedepunkt so gut ein fester wie der sogenannte Gefrierpunkt, den ich Thaupunkt nennen würde, wenn die neuere Physik darunter nicht etwas ganz anderes, nämlich die höchst veränderliche Temperatur verstände, bei der in der Luft befindlicher Wasserdampf sich niederzuschlagen beginnt.

Eintheilung.

Am Thermometer hat man nunmehr zwei feste Punkte, einen des schmelzenden Eises, immer unter jedem Luftdruck gleich bleibend und einen zweiten des siedenden Wassers, zwar so sehr wechselnd, daß man durch denselben Höhen messen, ja schon die Höhe eines Hauses bestimmen kann, doch durch Rechnung und Beobachtung des Barometerstandes auf eine gewisse Stelle zurückzuführen und zu einem festen Punkte zu machen.

Dieser Abstand liegt der ferneren Eintheilung zum Grunde und deshalb nennt man ihn den Fundamentalabstand.

Je nachdem man nun das in Deutschland gebräuchliche oder das französische oder das Fahrenheit'sche Thermometer, welches in England im Gebrauch ist, haben will, theilt man diesen Fundamentalabstand in 80, in 100 oder in 180 Theile.

Bei dem letzten Thermometer, dem Fahrenheit'schen, steht aber am Siedepunkt nicht die Zahl 180, sondern die Zahl 212, dennoch ist die Eintheilung in 180 Theile ganz richtig, man muß dieselbe nur auch unterhalb des Frostpunktes fortsetzen und zwar 32 Grad abwärts. Dieser heißt der Fahrenheit'sche Nullpunkt, zum Schmelzpunkt des Eises setzt man die Zahl 32 und von dieser zählt man noch 180 Grade aufwärts, welches dann schließlich die Zahl 212 giebt. Auf eine andere Art bestimmt man jetzt den künstlichen Nullpunkt nicht mehr, weil die Fahrenheit'sche Art ihn zu erlangen eine durchaus unsichere ist.

Höchst unbequem ist diese verschiedene Eintheilung (zu welcher in Rußland noch eine vierte durch de Lisle erdachte kommt, bei welcher der Siede-

kt mit 0 bezeichnet ist und die Grade nur abwärts zählen bis zum ftpunkt, der 150 Grad hat), denn sie fordert ein unaufhörliches Redu- n der einen Scala auf die andere, man muß 4 zu 5 oder 9 zu 4 r zu 5 machen. Nun, der Deutsche thut es doch wenigstens, Franzosen d Engländer aber thun es nicht und so sind für dieselben alle unsere ssenschaftlichen Schätze verloren, denn mit einer Verachtung, welche ganz n erbärmlichen Krämerhochmuth des Engländers charakterisirt, sieht der gländer auf die Leistungen der übrigen Völker herab und erzählt auch hl, daß es ja kein Wunder sei, wenn dem Deutschen der Verstand ein- ke, da in seinem Vaterlande das Thermometer ja nie über 30 Grad steige, hin es in England kaum jemals hinabsinke.

Daß diese 30 Grad Réaumur'sche sind, welche seinen 100 Graden sprechen (wohin er nun wieder das Thermometer kommen sieht), das lt ihm nicht ein; daß ein vernünftiger Mensch nach einer anderen Scala len könne wie er, ist ihm so völlig fremd, daß er gar nicht auf den danken kommt.

Machen sie es doch auch mit dem Barometer eben so und ein gelehrter austrumpf, Mistreß Sommerville, welche mehrere physikalische und graphische Werke geschrieben, sagt ganz unbefangen: es sei höchst merk- rdig, daß an der Ostsee das Barometer meist um 2 und mehr Zoll briger stehe als in England am Meeresufer, es ist also die Atmosphäre dieser Gegend der Erde leichter als sonst wo. Sie hätte sagen sollen: rall ist sie leichter, drückt sie mit weniger Gewicht als in England, daher ch die große Neigung der Engländer zum Spleen, der ja von der dicken ft herkommt.

In England ist nämlich der mittlere Barometerstand 30 Zoll, sonst erall (oder wie Mrs. Sommerville meint, besonders an den Ufern der stsee) 28; dieser höchst merkwürdige Unterschied im Luftdruck rührt lediglich n der Mrs. Sommerville her, welche nicht weiß, daß die englischen elle kleiner sind als die Pariser, so daß gerade 13 einem Pariser Fuß ntsprechen; in Folge dessen sind 26 engl. Zoll gleich 24 Pariser und die ch übrigen 4 Pariser entsprechen 4 ¼ engl. Zollen, der Normalbarometer- and in der Meereshöhe ist also 30 ¼ engl. Zoll und diese sind genau leich 28 Pariser, nach welchen am Barometer überall, wo es deren giebt, ur nicht in England, gemessen wird. Jemand, der sich aber herausnimmt, ne physische Geographie zu schreiben, muß das wissen, und wenn man es ner Dame verzeiht (wiewohl man ihr dann nicht zu verzeihen hätte, daß e über so wichtige Gegenstände schreibt), so ist es unbegreiflich und unver- ihlich für Männer wie *Faraday*, Sabine u. A., daß erst Dove

ihnen die deutſchen Barometer- und Thermometerangab
ihrer Sprache, d. h. zwar in's Engliſche, aber auch zugleich in
ſche Barometer- und Thermometerzahlen überſetzen mußte.
ſeit dieſer Zeit haben ſie ein gewiſſes Intereſſe für deutſche Wiſſ
und Vieles von ihrer Nichtachtung der Kenntniſſe des Auslandes
von ihrer Iſolirung in Maß, Gewicht, Barometer und Thermome
theilung.

Reduction der Scalen.

Um uns nicht gleichen Unrechts ſchuldig zu machen, wollen w
vergleichende Scala der drei gebräuchlichen Thermometer hier gebe

Fig. 279.

ſieht, daß die beiden erſten immer bei 4
mit einander übereinſtimmen, 4 Grade
unten bis oben 5 Graden C. gleich ſind,
daß 9 Grade der Fahrenheit'ſchen Scal
5 C. oder 4 R. ſind, welches ſich einfach
ergiebt, daß 9 in 180 ſo viel mal aufgeht
in 100 oder als 4 in 80, nämlich 20 m

Man ſieht jedoch auch zugleich, daß d
ſtimmung wohl ausreicht, um zu ſagen, 1
Grade des einen gleich ſind einer gewiſſen
von Graden des andern, daß man jedoch ſ
gehen würde, wenn man ſagen wollte, + 2
C. ſei gleich 36 Grad F., denn die Sc
Fahrenheit'ſchen Thermometers giebt, n
auf den erſten Blick ſehen, dafür eine gan
Zahl an, nämlich 68.

Dies kommt von dem anders liegende
punkt. Man ſieht, daß zwar bei der Réa
ſchen wie bei der Celſius'ſchen Scala de
punkt auf derſelben Linie liegt, keinesweg
bei der Fahrenheit'ſchen Scala; — 4 Grad
alſo zwar gleich — 5 Grad C., aber kein
— 9 Grad F., obwohl ſie mit dieſem neunte
lungsſtriche ſonſt übereinſtimmen, allein die Fahrenheit'ſche Scal
bei 0 die Zahl 32. Bei — 5 alſo 9 weniger als 32, doch kein
— 23, ſondern + 23 und bei 10 Grad C. immer noch nicht —,
wie bisher + 14 F. und bei — 15 Grad C. noch immer + 5

rden nun von den nächſten 3 Grad der C.-Scala abſorbirt, ſo daß bei
-18 C. auf der Fahrenheit'ſchen Scala 0 ſteht.

Dies macht die Reduction complicirter als man denken ſollte, wenn
an ſich jedoch ein- für allemal merkt, daß 9 Fahrenheit'ſche Grade
leich ſind 5 oder 4 der C.- oder R.-Scala und daß, um die Zahl der
. oder R. zu finden, man vor allen Dingen, ehe man die Fahrenheit'ſche
ahl dividirt, die 32 Grade abzuziehen hat, welche bei ihr unter dem all-
emein angenommenen Nullpunkt liegen, ſo wird die Sache doch wieder leicht.

Alſo z. B. wie viele Grade C. ſind 77 Grad F. gleich? Ich ziehe
2 Grad von 77 ab, bleiben mir 45; dieſe dividire ich mit 9, giebt 5 zum
uotienten, den Quotienten aber multiplicire ich mit 5, ſo erhalte ich 25.
ies iſt diejenige Temperatur nach C., welche genau den 77 Graden F.
ſpricht.

Geſetzt ich habe die Zahl 86 und will wiſſen, welchen Graden nach
. ſie entſpricht, ſo ziehe ich immer wieder 32 Grad von 86 ab, bleiben 54.
h dividire dieſelben durch 9, giebt als Quotienten 6, dieſe 6 multiplicire
bei R.-Scala mit 4 und erhalte 24 Grad, welches vollkommen genau
ich 86 Grad F. iſt, nicht 86 Graden, ſondern dem 86ſten Grade; denn
Grade, wo es auch ſei, aus der Scala genommen, ſind gleich 39 $\frac{1}{5}$ Grad

Dies will man jedoch gar nicht weiter wiſſen, ſondern man will die
mperatur nach R. kennen, welche dem 86ſten Grade nach F. entſpricht,
s iſt die obige.

Will man negative Thermometergrade des Fahrenheit'ſchen Thermo-
ters auf unſere Scala bringen, ſo befolgt man daſſelbe Verfahren, allein
n addirt 32 Grade dazu. Geſetzt man habe —40 F. und ſoll ſie auf
. bringen, ſo addirt man zu 40 noch 32, macht 72, dieſe dividirt man
it 9, giebt 8 und dieſen Quotienten multiplicirt man mit 4, ſo hat man
2 Grade R. oder multiplicirt ſie mit 5, ſo hat man 40 Centeſimalgrade.

Das Verfahren, unſere gebräuchlichen Grade auf Fahrenheit'ſche zu
ringen, kommt nicht leicht vor, iſt jedoch eben ſo einfach. Man nimmt
r je 5 oder 4 C. oder R., 9 für die F.-Scala und addirt dann noch 32
azu. Geſetzt man habe 20 Grad R., ſo nimmt man 5 (welches die Zahl
t, in der 4 in 20 aufgeht) mal 9, d. h. 45 und zählt dazu die 32, welche
Fahrenheit unter Réaumur's Nullpunkt hinabſteigt, macht 77 und dieſe
77 Grade entſprechen genau den 20 Graden R.

Wären jene 20 aber nicht Réaumur'ſche, ſondern Centeſimalgrade,
o werden nun die 9 nicht mit 5, ſondern mit 4 multiplicirt, man hat
nn 36, dazu 32, macht 68 und dies iſt genau die Zahl am Fahren-
eit'ſchen Thermometer, welche den 20 Graden C. entſpricht.

Der Einfachheit wegen haben wir lauter ganze Zahlen genommen, man sieht, daß sich dies eben so auf die Brüche ausdehnen läßt: 78 Grad F sind gleich 20 ⅘ Grad R.

Wenn die Vergleichsscala sehr genau getheilt ist (was man übrigens von Xylographen sehr schwer erhält), so bedarf es der Rechnung gar nicht das ist dann einer von den Gegenständen, welchen die Engländer „for practic man" nennen, d. h. für Leute, welche nicht rechnen können. Bei ihnen nämlich kommt es gar nicht darauf an, ob Jemand alle Schulen und Universitäten besucht und den Doctorhut erworben oder gekauft hat, sondern lediglich darauf, daß er seine Sache versteht. Wenn er nun bei seinem Gewerbe des Rechnens bedarf, so kauft er sich einen Rechnenknecht „for practic man" und wenn er die specifischen Dichtigkeiten verschiedener Flüssigkeiten gegen einander abwiegen muß, so kauft er sich ein Tausendgramfläschchen for practic man und er wird damit viel leichter fertig als wir mit unserer Analysis infinitorum. Daß die Engländer selbst practische Leute sind, wird ihnen Niemand bestreiten, und weil sie es sind, wissen sie den practischen Mann zu schätzen und ihm seine Arbeit zu erleichtern, wir in Deutschland sind im gewöhnlichen Leben auch endlich so weit gekommen und darum ist unsere ganze Industrie und Technik auch im raschesten Fortschreiten und hat in vielen Fällen die der Engländer eingeholt, in manchen schon weit überboten. Wenn es so weit gekommen sein wird, daß man von den Primanern nicht Griechisch und Hebräisch, Integral- und Differentialrechnung, wohl aber lebende Sprachen, Geographie, Zeichnen und Schreiben verlangt, dann wird es bei uns auch besser sein.

Material der Scala.

Man wird gern eine Theilung haben, welche selbst den Veränderungen durch die Wärme nicht so sehr unterliegt als der thermoscopische Körper. Metall dehnt sich in den Strahlen der Sonne von dem kältesten Punkt den wir ungefähr haben, — 20 Grad R., bis zu dem wärmsten im Schein des Tagesgestirns, bis zu 36 Grad, so sehr aus, daß die Thermometerbeobachtung dadurch wirklich ungenau wird. Holz wäre das beste in Hinsicht auf Veränderung durch die Wärme, nicht so wegen der Feuchtigkeit denn durch diese dehnt es sich aus und von dieser befreit schwindet es so daß es dadurch allein zu Maßstäben unbrauchbar wird. Allerdings tritt dies Quellen und Schwinden nur die Querdimension, nicht die Längenrichtung des Holzes, allein schon dies ist wegen des Veränderns der Form Verbiegen, Werfen so störend, daß man darum sich nicht des Holzes b

dienen kann, dazu kommt noch die leichte Verletzbarkeit der weichen Substanz, welche durch Wetterveränderungen, durch Regen, Wind, Frost, Sonnenschein wirklich angegriffen wird, die Oberfläche verändert und die Theilstriche um so schneller verwischt, unkenntlich macht, je feiner sie sind.

Um dieser Bedenklichkeiten willen nimmt man gern Glas zur Theilung, paßt das Thermometer ein, bohrt an den nöthigen Stellen Löcher, ein großes für die Kugel, ein kleines für die Spitze und vier an den Seiten, um mittelst messingener Klammern die Röhre befestigen zu können. Diese sind dem Verfertiger nicht selten sehr hinderlich, er weiß nicht, wohin er sie legen soll, jedenfalls so tief und so hoch wie möglich, damit sie außerhalb der Scala stehen, unter den niedrigsten und über den höchsten Graden. Wenn man dies vernachlässigt, so hat man die Unannehmlichkeit, seine Beobachtung irgendwo durch einen Messingstreifen unterbrochen zu sehen.

Die Theilung auf Glas wird gewöhnlich durch einen ritzenden, kratzenden Diamant (der zum Schreiben gefaßt ist und nicht spaltet) gemacht, kann jedoch auch durch Flußspathsäure ausgeführt, kann geätzt werden.

Dies geschieht auf dreierlei Art: entweder läßt man sich in der Apotheke Flußspathsäure bereiten und verdünnt sie dann mit destillirtem Wasser (jedenfalls die theuerste Methode), oder bereitet sich die Säure selbst, oder endlich wendet man die Dämpfe der Flußspathsäure an.

Glasätzen.

Für alle drei Fälle muß zuerst das Glas vollständig gegen die fressende Einwirkung der Säure (der einzigen, welche gutes Glas entschieden angreift) geschützt werden. Dies geschieht am besten, indem man fetten Copalfirniß sehr dünn aufträgt, trocknen läßt, noch einmal aufträgt und damit so lange fortfährt, bis die Bedeckung das Glas undurchsichtig gemacht hat. Doch darf nicht früher eine neue Schicht aufgetragen werden, als bis die vorhergehende wirklich vollständig getrocknet ist.

Man pflegt nun die gefirnißte Fläche noch mit Lampenruß zu schwärzen, allein dies ist jedenfalls sehr unangenehm, indem die so gefärbte Fläche, auf welcher man zeichnen soll, schrecklich schmutzt, überdies aber ist es wirklich unnöthig, denn die Firnißfläche ist so dunkel, daß man auch den feinsten Strich, den man mit einer Nadel gezogen, gegen untergelegtes weißes Papier sehr gut erkennt.

Auf dem trocknen Firniß (der übrigens die schöne Eigenschaft hat, zähe zu sein, beim Kratzen dem Stift nachzugeben und nicht zu splittern) entwirft man nun die Zeichnung. Man hat gewöhnlich die Theilung auf Papier

gemacht, dieſes mußte aber geſpannt in einen Rahmen gebracht und gerade geſtreckt ſein. Die Zeichnung durchſticht man mit einer feinen Nadel an allen Punkten, wo zwei Linien ſich durchſchneiden; die langen nämlich, welche das Thermometer von beiden Seiten begleiten und die Abſtufungen für die einzelnen Gradſtriche, die Fünfer und die Zehner abgeben, und die kurzen, welche die Gradſtriche ſelbſt ſind.

Nun legt man das geſpannte Papier, ohne daſſelbe aus dem Rahmen zu nehmen, auf die gefirnißte Glasfläche und pudert aus einem Beutelchen von dünner, getragener Leinwand Bleiweiß auf daſſelbe, ſo durchdringt dieſes das Papier bei den Nadelſtichen und punktirt weiß auf dunklem Grunde. Da der Firniß eine gewiſſe Klebrigkeit behält, wenn er nicht ſehr lange getrocknet iſt, ſo haftet das Bleiweiß ſehr gut daran.

Man kann auch die Zeichnung mit weißer oder rother gummifreier Farbe auf dunkles Papier bringen und dann die beſchriebene Seite auf die gefirnißte Fläche legen und durch gelinden Druck und leichtes Reiben einen Abdruck auf dem Firniß hervorbringen; in beiden Fällen aber hat man mit der größten Sorgfalt darauf zu ſehen, daß die Zeichnung an die richtige Stelle kommt; man muß daher wiſſen, auf welche Linie der Siedepunkt, auf welche der Kochpunkt kommt und dieſe beiden Punkte müſſen auf das Genaueſte mit den gleichnamigen auf der Zeichnung zuſammenfallen.

Hat man auf dieſe Weiſe die Zeichnung mit Farbe übertragen, ſo ſorgt man nun dafür, daß die Stellen, die ſo mit Punkten oder mit Linien bezeichnet ſind, von dem Firniß entblößt werden. Man nimmt eine ſogenannte kalte Nadel, eine in Holz gefaßte Stricknadel von gutem Stahl, welche genau ſo ausſieht wie ein Bleiſtift, nur keinen Graphit, der abgiebt, als ſchreibende Subſtanz hat, ſondern einen Stahlſtift, der abnimmt.

Mit dieſem ſcharf geſchliffenen Stift fährt man längs eines metallenen Lineals über dem Firniß hin und nimmt damit die ſchützende Decke bis auf die Glasfläche hinweg. Iſt die ganze Zeichnung ſo fertig geworden und hat man auch die Zahlen und Buchſtaben oder die ſonſt unumgänglich nöthige Bezeichnung „Thermometer nach Celſius, verfertigt von — —“ (wie nun gerade unſer werther Leſer heißt) „nach Zimmermann's Angabe getheilt und auf Glas geätzt im Mai oder Juni des Jahres 1857“ hinzugefügt, ſo kann das Aetzen beginnen.

Man macht um das Glas einen Rand von Wachs und gießt die in einem Bleigefäß aufbewahrte, etwas verdünnte Flußſpathſäure auf die Fläche. Nach kurzer Zeit wird man alle Striche ſchneeweiß erſcheinen ſehen, dann iſt es Zeit, die Säure zu entfernen; man ſpült nun die noch übrige Flüſſigkeit mit Waſſer ab, entfernt den Firniß durch Kratzen mit einem ſcharfen, aber

runden Messer (weil die Spitze, wenn sie von gutem, harten Stahle ist, leicht in das Glas ritzen kann) und wird nun die Zeichnung weiß auf dem durchsichtigen Glase ersehen.

Oder man macht einen Rand von Wachs um die Tafel, streut fein gepulverten Flußspath darauf, bis alles bedeckt ist, und gießt nun ziemlich starke, nur wenig verdünnte Schwefelsäure darauf, deckt aber das Ganze mit ein Brettchen und mit nassen Lappen zu, so daß die Dämpfe nicht entweichen können, welche sowohl für die Gesundheit, als für alle Metalle und für alles Glas (Fenster, Spiegel, Kupferstiche) höchst gefährlich sind. Man thut der angeführten Gründe wegen auch am besten, die Aetzung entweder im Freien oder in einer gänzlich unmöblirten Kammer und bei offenen Fenstern vorzunehmen.

Hier ist es schwieriger, den rechten Zeitpunkt zu treffen, daher man mit der Uhr in der Hand die Dauer der Wirkung an einem andern Stück Glas, von derselben Art, ausprobirt haben muß. Mit dieser Erfahrung wird man auch bei dem ersten Versuche schon etwas Gelungenes erzielen.

Die dritte Methode ist eigentlich die leichteste, mittelst der Dämpfe von Flußspathsäure zu ätzen. Man breitet zwei auf einander gelegte Blätter starkes neues Tabaksblei in einen hinlänglich großen Schachteldeckel so aus, daß rundum ein ½ Zoll hoher Rand entsteht. Die ganze Größe des Deckels, der sich nach der Länge der zu ätzenden Scala richtet, muß durch ein Blatt bedeckt werden, man darf nicht zwei neben einander legen; sollte man für größere Dimensionen nicht ausreichende Bleiplatten bekommen, so muß man sich dann so helfen, daß an die Stelle, wo die beiden an einander stoßenden Blätter (es versteht sich, daß wenn sie nicht sehr dick sind, jederzeit doppelt genommen werden müssen) sich berühren würden, dergestalt aufrecht biegt, daß der Schachteldeckel nun zwei halbe Bleideckel einschließt, von denen jeder da, wo er an die andere Hälfte stößt, einen erhabenen Rand hat.

Man schüttet nun auf diese Bleiplatte Flußspath in Pulverform, bringt darauf Schwefelsäure mit etwas Wasser verdünnt und legt die mit der Nadel geritzte gefirnißte Fläche des Glases auf den offenen Deckel.

Hierbei, da die Dämpfe viel stärker wirken, als die flüssige Säure, muß man die ganze Glastafel auch auf der Rückseite mit Firniß überziehen und das Entweichen der flußspathsauren Dämpfe durch Bedeckung verhindern. Die Lappen, mit denen man dies gethan, sind allerdings auch verloren, denn sie werden ganz zerfressen, aber es ist doch besser, daß dieses geschehe, als daß ein kostbarer Spiegel für immer blind ist und dem kein Poliren, Waschen, Putzen mehr hilft. Man thut deshalb hier noch mehr

wie bei den andern Methoden wohl, die ganze Operation im Freien vorzunehmen.

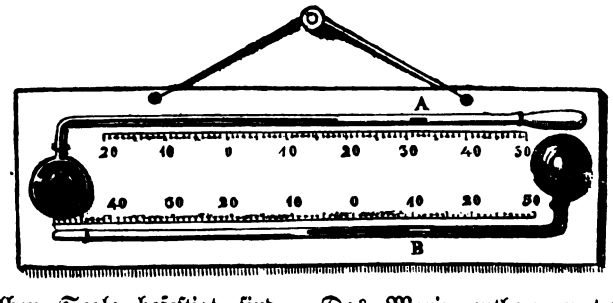
Iſt man geſchickt in Führung des Schreibediamants, ſo bedarf es dieſes Umweges nicht, um die Zeichnung auf Glas zu erhalten; man macht die Theilung dann unmittelbar auf denſelben, indem man mit Hülfe eines Lineals die nöthigen Striche zieht. Wenn man die Theilung auf Papier macht, dieſes unter das Glas legt und nun oben auf der Glasfläche die Striche nachzieht, welche man ſieht, ſo wird man ſehr leicht paralactiſche Fehler machen und die Grade werden deshalb ſehr ungleich ausfallen.

Regiſterthermometer.

Ein ſehr wünſchenswerthes Inſtrument wäre ein Thermometer, welches ſelbſt ſeinen Stand regiſtrirte. Ein Maximum- und ein Minimumthermometer hat man ſchon lange und in neueſter Zeit iſt es gelungen, durch Anwendung des Lichtes, auf empfindliches Papier ſogar ein Thermometer zu haben, welches unaufhörlich ſchreibt.

Die erſteren ſind gewöhnlich mit einander vereint; Fig. 280 zeigt dieſelben, wie ſie in einer zu Beobachtungen nothwendigen Lage neben einander

Fig. 280.



auf derſelben Scala befeſtigt ſind. Das Maximumthermometer (welches den höchſten Standpunkt angeben ſoll) iſt mit Queckſilber gefüllt und hat in dem luftleeren Raum ein kleines Drahtſtiftchen von Eiſen, *A*, ſo dünn, daß es leicht in der Röhre hin und her läuft. Vor der Beobachtung ſtellt man das Thermometer einen Augenblick ſenkrecht, daß der Stift auf die Queckſilberfläche herab fällt, dann ſtellt man es wieder horizontal. Wie nun die Temperatur ſteigt, ſo ſchiebt das ſich ausdehnende Queckſilber das Drahtſtiftchen vor ſich her, und wenn das Queckſilber nun zurückſchreitet, ſo bleibt das Stiftchen an derjenigen Stelle liegen, an welche es geſchoben worden iſt; man ſieht alſo nach 24 Stunden oder nach 30 Tagen gleichviel, den

chsten Punkt, welchen während der Zeit von einer Beobachtung zur andern s Queckſilber angenommen hat. Man wird, wenn man überhaupt Ther- ometer-Beobachtungen macht, die Zeiträume nicht zu lang laſſen, allein, e lang ſie immer ſein mögen, den höchſten Stand erhält man doch.

Das zweite Thermometer dient, um den niedrigſten Stand zu erſehen; s iſt nicht mit Queckſilber, ſondern mit Weingeiſt gefüllt. Im Innern ſelben, in der Röhre, liegt, ſo wie bei dem erſten ein Drahtſtiftchen, ein Glasſtiftchen *B*, jedoch ein hohles, an beiden Enden zugeblaſenes, mit es deſto leichter ſei und von dem Weingeiſt bequemer mitgenommen rden könne.

Hier iſt der Vorgang ein anderer. Im erſten Falle ſtieß die ge- loſſene Queckſilberfläche das Metall vor ſich her, in dieſem zweiten Falle ll die Oberfläche des Weingeiſtes das im Innern deſſelben liegende Glas- ibchen mit ſich zurück nehmen.

Es tritt hier die bereits beſprochene Eigenſchaft aller Flüſſigkeiten auf, imlich die, daß ſie an der Oberfläche eine viel größere Cohäſion, einen viel ſteren Zuſammenhang der Theilchen unter ſich zeigen als im Innern der lüſſigkeiten vorhanden iſt. Eine Nähnadel in das Waſſer gebracht, fällt rin bis zum Boden herab; dieſelbe Nähnadel horizontal gehalten, bis in e möglichſte Nähe der Waſſerfläche gebracht und dann fallen gelaſſen, bleibt if der Oberfläche liegen, obwohl der Stahl gegen acht Mal ſchwerer iſt als is Waſſer; ja wenn das Glas, worin man dies Experiment macht, nicht igeſtoßen wird, ſo bleibt die Nadel Tage lang auf der Oberfläche liegen.

Auf dieſe Eigenſchaft ſtützt ſich die Anwendung des Minimumthermo- eters. Innerhalb des Weingeiſtes ſinkt das Glasröhrchen ſtets zu Boden id wird beim Steigen des Thermometers dahin gebracht, wohin man es iben will, alſo wenn man das Rohr mit der Spitze nach unten hält, auch s an die Oberfläche des Weingeiſtes. Nun aber ſteht ihm die hier auf- etende größere Cohäſion der Theilchen des Weingeiſtes im Wege, es fällt cht hindurch, es bleibt auf der inneren Fläche ruhen.

Legt man nunmehr das Thermometer horizontal, ſo nimmt der Wein- iſt beim Zurückgehen, beim kälter werden, das Glasröhrchen mit ſich, eil die feſter zuſammenhängende Oberfläche nicht durchbrochen werden kann. eim Vorwärtsgehen aber läßt der Weingeiſt, welcher das Glasſtäbchen ng umfließt, daſſelbe an der Stelle, an welche es der zurückgehende Wein- iſt gezogen hatte, liegen, und ſo erfährt man durch dieſes Inſtrument in em beliebigen Zeitraum, alle Stunde, alle Tage, alle Monat, den höchſten id den niedrigſten Stand des Thermometers. Iſt die Beobachtung ge- acht, ſo wird das Inſtrument ſo lange ſenkrecht gehalten, bis die beiden

Stiftchen an die Oberfläche der Flüſſigkeit gekommen ſind und es nun wieder horizontal, worauf es zur neuen Beobachtung für de Zeitraum fertig iſt.

Photographiſches Regiſterthermometer.

Die andere Methode iſt höchſt ingeniös und zeigt recht deu glücklich ſich Wiſſenſchaft und Kunſt vereinigen, wie erſt in dieſer V das Vollkommenſte geleiſtet werden kann.

Die Phyſik und die Chemie wiſſen ſchon lange, daß ſalzſaur ſogenanntes Hornſilber, dem Lichte ausgeſetzt, ſchwarz wird. D Verbindung des Silbers mit dem Chlor wird durch das Licht ge Silber wird reducirt, deshalb verwahrt man Hornſilber in e ſchwarzem Papier überklebten Glaſe.

Eine Auflöſung von Hornſilber auf Papier gebracht, theilt d Eigenſchaft, empfindlich gegen das Licht zu ſein, mit. Es iſt dies d lage der Photographie, welche durch Daguerre nur vervollkom mittelſt Jod und Brom, welche noch empfindlicher ſind, auf Me tragen wurden, indeſſen Talbot beim Chlorſilber und beim Pa

Wenn man dieſes empfindliche Papier nun hinter ein Th mit einer Glasſcala hält, ſo wird das Licht alle diejenigen Stelle und ſchwärzen, auf welche es durch die Glastafel ungehindert fal diejenigen Stellen aber, auf welche der Schatten des Queckſilbe Röhre und der in das Glas geätzten undurchſichtigen Theilſtriche fäll weiß bleiben. So hat man in wenigen Secunden ein getreues A ganzen, zu dem Experiment gebrauchten Thermometers mit weiß nungen auf ſchwarzem Grunde.

Wäre dies die ganze Kunſt der Beobachtung, ſo hätte m dings nicht viel gewonnen, hinſehen und eine Zahl notiren iſt leichter. Allein man kann das empfindliche Papier ja auf einen bringen, welcher ganz mit Blech umſchloſſen, nur an einer St Spalt hat, der gerade hinter dem Thermometerrohr ſteht und Scala nichts weiter giebt als die an das Rohr unmittelbar an Theilſtriche. Wenn man nun das Papier im Cylinder langſam ſo kommt nach und nach eine andere Stelle des Papiers vor die und man erhält nun einen rundum geſchwärzten Cylinder, der den Stellen der Theilſtriche und des Queckſilberſtandes weiß iſt.

So macht man es denn auch. Ein Uhrwerk dreht einen auf welchen ſich das Papier aufrollen ſoll, in 24 Stunden zwei

ıl um (so oft man es für nöthig hält und so lang man die Lichtzeich- ng für einen jeden Tag haben will), und wickelt so das empfindliche ıpier von einem anderen gleich großen, der durch einen Seidenfaden auf ıer Rolle gehemmt ist, so daß er nicht von selbst abläuft und der das noch geschwärzte empfindliche Papier enthält, ab. Es geht demnach so, wie s Uhrwerk es verlangt, das Papier bei dem Spalt, den das Thermometer nau zudeckt, vorbei, und empfängt auf diese Weise den Lichteindruck, der, die Striche zugleich mit aufgezeichnet sind, auf die trefflichste Weise ein ›bild des ganzen Ganges des Thermometers während eines Tages giebt.

Während eines Tages? also nicht bei Nacht? was ist das für ein ıstrument, das mich bei Nacht verläßt? Es ist nicht ganz so schlimm. ıan stellt dem Thermometer gegenüber, in einigen Fuß Entfernung, eine ıe Argand'sche Lampe, welche im Focus eines Hohlspiegels steht, und so ird auch während der Nacht der Apparat beleuchtet. Man kann es den leteorologen gar nicht bequemer machen. Sonst waren sie Sclaven der ıgen sich selbst übernommenen Verpflichtung, sie mußten Morgens, Mittags, bends, wo möglich auch noch in der Nacht das Thermometer beobachten, ırften sich also nicht länger als 6 Stunden von Hause entfernen; jetzt eht man die Uhr auf und braucht sich acht Tage lang nicht darum zu kümmern, denn man sieht sehr leicht, daß auch die Stunde angegeben erden kann, sei es auch nur durch die Länge des Papierstreifens, der ab- wickelt ist.

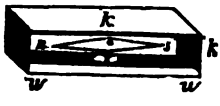
„Ja," sagt mein sehr verständiger Leser, „bis hierher wäre Alles gut, ıer die Beleuchtung des Apparates aus so geringer Entfernung und durch ıen Hohlspiegel verstärkt, muß ja nothwendig den Gang des Thermometers ränderm." Gewiß, und dies ist auch bedacht worden, aber für die Physik f ihrem jetzigen Standpunkte giebt es dergleichen Schwierigkeiten nicht ehr. Man kittet zwei recht klare, gleich große Glasscheiben so an einander, ß ein Raum von ein Zoll etwa zwischen ihnen übrig bleibt, also ein sehr ımaler Glaskasten entsteht. In diesen Kasten füllt man reines Wasser ıd stellt ihn als Schirm zwischen das zu beleuchtende Thermometer und r Argand'schen Lampe. Die Verbindung von Wasser und Glas läßt s Licht nur wenig geschwächt hindurch und absorbirt die Wärme so voll- indig, daß auch nicht der mindeste Effect mehr auf das Thermometer her- rgebracht wird.

Durch diesen Schirm wird das empfindliche Papier nun so gut leuchtet, daß es sich schwärzt wie im Tageslichte und der Gang des ›ermometers leidet keine Veränderung.

Der Thermomultiplicator.

Ein höchst wichtiger Gegenstand für feinere Unterſuchungen der ſ
iſt das von Melloni mit ſo großer Geſchicklichkeit angewendete Inſtr
der Thermomultiplicator, deſſen Grundlage *kw* bei der Lehre von der
cität bereits beſprochen worden iſt. Die geringfüg
wärmung, welche man einer der Löthſtellen *w u*
Berührung mit dem Finger geben kann, genügt, u
Magnetnadel *n s*, welche zwiſchen den beiden M
Kupfer *k* und Wismuth *w* oder Wismuth und Antimon ſteht, vo
natürlichen Richtung abzulenken.

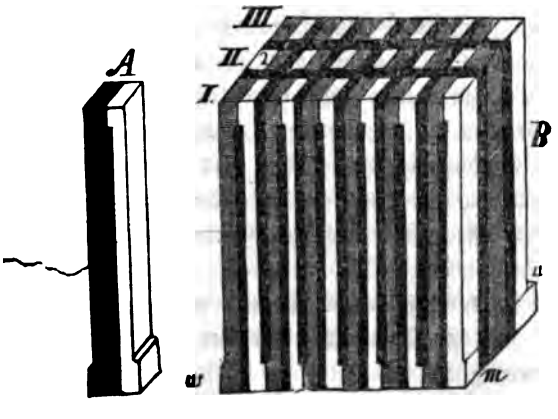
Fig. 281.



Noch viel empfindlicher wird ſolch ein Apparat, wenn man d
der beiden Löthſtellen ganz weg läßt, dagegen an den offenen End
Gabel aus Wismuth und Antimon die Drähte eines Multiplicato
feſtigt. Wird nun auch nur der Hauch des Mundes aus der Entf
von ¼ Elle gegen die Löthſtelle gelenkt, ſo wird man ſchon eine Abw
der Magnetnadel ſehen. Die Erwärmung der Löthſtelle bringt eine
triſchen Strom hervor, dieſer vervielfältigt ſich in den Windunge
Multiplicators und lenkt ſo die Magnetnadel ab.

Es lag die Frage, ob man nicht durch Vermehrung der Paa
ungleichen Metallen, eine Verſtärkung des Stromes erzielen könne, z
nahe, geſchah ja doch Aehnliches durch Vermehrung der galvaniſchen P
paare. So wurden nun mehrere Doppelſtreifen und zwar immer v
timon und Wismuth, als den am ſtärkſten wirkenden Metallen, ang
und im Gegenſatz zu den einfachen Plattenpaaren, welche man ther
triſche Ketten nannte,
man aus vielen ſolche
moelektriſche Säulen.

Fig. 282.

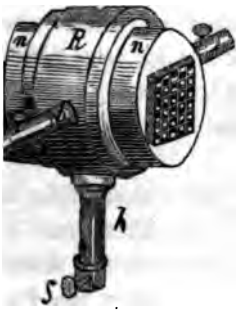


In *A*, Fig. 282
man eine zu ſolchem
geformte Kette. Dieſ
mal in einer Reihe
ander gefügt, giebt u
Abtheilung ſolcher Säu
wir ſehen an denſelben
deutlich, auf welche W
jedes Paar an das
ſchließt; die zweite Rei

› die dritte, *III*, ſind eben ſo conſtruirt, allein auch die ganze erſte Reihe mit der zweiten und die ganze zweite mit der dritten in Verbindung geſetzt. hließlich werden die achtzehn Paare des ganzen Apparats *B*, den man, ſo wie da iſt, eine Thermoſäule nennt, durch die beiden äußerſten Enden *w* und *u* t einem Multiplicator von recht gut leitendem Kupferdraht und nicht zu len Windungen in Verbindung geſetzt, um an demſelben die Angabe des pparates zu erkennen.

Nur zu einzelnen beſtimmten Zwecken, z. B. um ſtärkere elektriſche irkungen dadurch zu erzielen, macht man die Säulen ſo groß, wie hier ſchrieben; gewöhnlich werden dieſelben viel kleiner und da es nicht auf oße Wismuthmaſſen, ſondern namentlich bei ſehr feinen Wärmebeobach- ngen lediglich auf die Zahl der Löthſtellen, welche gleichzeitig in Wirkung ten, ankommt, ſo dürfte man die Wismuth- und Antimonſtäbchen ſo wach wie Stecknadeln machen, und könnte man die Zahl der Löthſtellen f einige Hundert vermehren, ſo hätte man gerade hierin etwas ganz Vor-

Fig. 283.



trefflicheſ. Die Fig. 283 giebt ein annäherndes Bild ſo einer kleineren Säule; es ſind in der Kapſel *R*, wie wir ſehen, doch wenigſtens 30 Löthſtellen enthalten, alſo 60 Stäbchen, das giebt ſchon eine nicht unbedeutende Vermehrung der Elektricitätserregung; allein in der hier ausgeführten natürlichen Größe des Apparats haben geſchickte Mechaniker ſchon 65 Paare vereinigt. Eine ſeltene Vollkommenheit.

Verſuche mit der Thermoſäule.

Um mit dieſem Inſtrumente die Verſuche anzuſtellen, mittelſt deren man : geringfügigſten Grade von Wärme zur Anſchauung bringen kann, giebt m ihm eine Verbindung mit einigen andern Hülfsapparaten, die man folgender Zuſammenſtellung erhält.

Man ſieht auf der folgenden Seite, Fig. 284, ein Brett, das in der Mitte en langen Meſſingmaßſtab *LL* hat, auf welchem eine Reihe von Ständern, n ziemlich gleicher Größe, beweglich iſt. Neben dieſem Brette ſteht der iger des Apparates, ein höchſt empfindliches Galvanometer *r*; die Drähte ſelben *ar*, aus der ſchützenden Glocke heraustretend, gehen durch die Spiralen lche keinen andern Zweck haben, als die Leitung bequem verlängern, Galvanometer beliebig ſtellen zu können) nach den beiden Endgliedern r Thermoſäule *p*, welche in eine Kapſel eingeſchloſſen iſt. Der Ständer,

Der nächste Ständer *p* trägt einen zwar Licht, aber nicht Wärme durchlassenden Schirm aus zwei Glastafeln mit dazwischen befindlichem Wasser bestehend, wie bereits oben beschrieben worden.

Der folgende Ständer trägt eine Metalltafel *E*, welche eine Oeffnung von einer beliebigen aber feststehenden Größe hat; es ist diese Tafel das, was in dem Fernrohr die Blendung ist; sie dient dazu, um ein genau begrenztes Strahlenbündel von der Lampe bis zu dem thermoscopischen Körper, d. h. auf die Thermosäule, fallen zu lassen, alle anderen Strahlen aber abzuwenden. Der erste Glasschirm wird aufgerichtet, wenn man den Schein der Lampe durch die Blendung auf die Thermosäule richten will, ohne sie zu erwärmen. Will man später die Wärmequellen selbst untersuchen, so legt man diesen Schirm seitwärts um, wie die Figur denselben grade zeigt oder hebt ihn aus seinem Ständer heraus.

Wir sehen außer den gedachten Ständern noch einen (den vierten in der Reihe von rechts nach links), welcher einen kleinen Tisch trägt. Dieser Ständer ist bestimmt, die Gegenstände *c* aufzunehmen, durch welche man die Wärmestrahlen hindurch schicken will, um zu untersuchen, wie stark sie die Wärme leiten.

Mittelst dieses sinnreichen Apparates hat man die interessantesten Entdeckungen über die Fähigkeit der Körper, Wärme durchzulassen, angestellt. So z. B. läßt Glas von der Hitze eines glühenden Metallkörpers, bei etwa ⅛ Zoll Dicke circa 36 Procent hindurch (und diese Wärme geht ungeschmälert auch durch eine zweite Glasplatte). Läßt man diese durch Glas gegangene Wärme aber nun durch Wasser gehen, welches bei gleicher Dicke schon von der frei darauf wirkenden Wärme nur noch ½ Procent durchläßt, so ist begreiflich, daß aus dem ½ Procent nur ⅛ Procent wird; dieses aber wird durch die zweite Glasplatte auch noch aufgenommen, so daß nun solcher Doppelschirm wirklich gegen die direkte Wärme schützt. Von leuchtender Wärme, z. B. den Strahlen einer Lampe, geht noch einmal so viel hindurch, allein die gedachte Zusammenstellung reducirt auch dieselbe auf ein Minimum. Durch Glas gehn von leuchtender Wärme, wenn dessen Dicke ¼ Zoll beträgt, 60 Procent; durch Wasser von ½ Zoll Dicke geht aber ⅟₂₀. Theil derselben oder 5 Procent, diese aber aus 60 Procent genommen, reduciren sich auf 3 Procent. Die durch das Wasser gegangenen geringen Antheile werden in der zweiten Glasplatte auch noch zum größten Theile absorbirt, so daß auch für leuchtende Wärme ein Schirm, wie der beschriebene, treffliche Dienste thut.

Wir werden diesen Gegenstand näher berühren, konnten jedoch nicht unterlassen zu zeigen, wozu das freie Thermoscop, welches eben beschrieben,

anwendbar ſei. Auf der vorigen Figur ſind ſtatt der Lampe noch andere Wärmequellen aufgeſtellt, bei einem wirklich ausgeführten Experiment müſſen jedoch alle entfernt werden, bis auf diejenigen, mit welchen man experimentirt.

Nachdem wir uns mit den Mitteln, die Wärmemenge mit einander zu vergleichen, annähernd zu ſchätzen, oder wie man ſich ſehr kühn auszudrücken pflegt, zu meſſen, beſchäftigt haben, wollen wir zu dem Gegenſtande dieſer Meſſungen ſelbſt übergehen.

Wärme, Wärmeſtoff.

Die Wärme iſt ein durchaus unbekanntes, unfaßbares und unwägbares Ding (wenn wir noch ſo ſagen dürfen, von etwas ſo ganz Weſenloſem). Wenn der Verfaſſer nun auch, wie die Leſer wohl ſchon bemerkt haben werden, ein Feind aller Speculationen, aller müßigen, in's Blaue hinauslaufenden Hypotheſen iſt und in dieſer Abneigung dagegen ſich aller Erklärungen des Unerklärlichen enthält, die Thatſache aber ſprechen läßt, ſo wird ſich Niemand wundern, wenn er nirgends in dieſem Buche findet, was Magnetismus, was Elektricität ꝛc. ſei. Es wird dem Verfaſſer eben ſo unmöglich ſein zu ſagen, was Wärme ſei; allein bei dieſem ſo mächtig in das Leben eingreifenden Gegenſtand, wenn nicht zu ſagen, was *er ſei*, doch wenigſtens mitzutheilen, was geiſtreiche Männer darüber gedacht, hält der Verfaſſer für ſeine Pflicht.

Was in alter Zeit geſagt worden iſt, läßt ſich ungefähr auf Folgendes zurückführen: Es giebt einen Wärmeſtoff, welcher dem Lichtſtoff höchſt nahe verwandt iſt (der Lichtſtoff iſt eben ſo wenig erwieſen), doch keineswegs ſo gleich, daß einer für den andern geſetzt werden dürfte. Dieſer Wärmeſtoff iſt eine äußerſt feine, höchſt elaſtiſche Flüſſigkeit, welchem aber alle die urſprünglichen Eigenſchaften der Materie, Undurchdringlichkeit, Schwere, Adhäſion, Cohäſion, Härte ꝛc. abgehen, welcher von allen nur eine und dieſe im höchſten Grade hat, nämlich die Elaſticität.

Dieſer elaſtiſche Stoff, den man ſich als ein ſehr feines Fluidum dachte, war in allen Körpern vorhanden, in jedem in einem anderen, aber ſtets in einem beſtimmten Verhältniß, denn der Körper hatte zu demſelben eine große, aber ſehr verſchiedene Anziehung, daher die verſchiedenen Aggregatzuſtände der Körper, welche zu ändern unmöglich, ſo lange das beſtimmte Quantum Wärme mit dem reſpectiven Körper verbunden iſt, die jedoch geändert wird, je nachdem man mehr Wärme mit dem Körper verbindet, als

in ſeinem natürlichen Zuſtande ihm gehört, oder ihm von der Wärme, welche ihm gebührt, etwas entzieht.

Die Hypotheſe war zu roh und zu grob, als daß ſie in die neuere Zeit hätte übergehen können; ſie machte einer andern Platz, nach welcher Licht und Wärme identiſche Thätigkeiten ſind. Zwar iſt es ſehr mißlich, etwas Unerklärliches durch etwas anderes Unerklärliches begreiflich, faßlich machen zu wollen. Jemandem, der von dem Planeten Uranus nichts weiß, ſagen zu wollen, es iſt grade ſo ein Ding wie der Planet Neptun, wird den zu Belehrenden ſchwerlich ſehr aufklären; allein man ſuchte ſich zu helfen, indem man wenigſtens die Wirkungsarten beider Thätigkeiten mit einander verglich und zeigte, wie dieſelben in einander übergehen. Man ſagt, dieſer Stoff, dieſes Fluidum (wie man es irgend zu bezeichnen ſuchte), erſcheint uns als Licht, wenn es ſich im Zuſtande freier, ungehemmter Bewegung findet; dagegen erſcheint daſſelbe Fluidum uns als Wärme, wenn es auf einen Körper ſtößt, der ſeine Bewegung hemmt, den es in ſich aufnimmt (dieſes Fluidum).

Es giebt auch unzweifelhaft mehrere Erſcheinungen, welche für dieſe Anſicht ſprechen. Das Licht bringt Wärme hervor und zwar um ſo mehr, je ſtärker man es concentrirt und je mehr der beſchienene Körper davon verſchluckt. Dieſes Abſorbiren iſt aber ſtets mit Vernichtung der Strahlen verknüpft und ſteht im geraden Verhältniß zu dieſer Verminderung des Scheines. Ein beſchienener Körper wird um ſo mehr erwärmt, je mehr er von den leuchtenden Strahlen zum Aufhören des Leuchtens bringt.

Umgekehrt bemerkt man, daß auf ſonſtige Weiſe hervorgebrachte Erwärmung in das Leuchten übergeht, ſobald die Temperatur hoch genug geſteigert iſt. Das auffallendſte Beiſpiel iſt nicht das Erglühen von Metallen im gewöhnlichen oder im Kohlenfeuer (denn da war ſchon vorher Leuchten vorhanden und man könnte ſagen, dies Leuchten wird auf den erhitzten Körper übertragen), ſondern das Erglühen durch Reibung, durch Hämmern (verdichten) und endlich durch den elektriſchen Strom und durch den Chemismus. In dem Hammer und dem Ambos, zwiſchen dem der geſchickte Schmied durch ſchnelles Hämmern ein Eiſenſtäbchen zum Glühen bringt, in den beiden Stücken Holz, welche der Wilde als Feuerzeug benutzt und in dem Stahl und Stein, womit der Bauer ſeine Pfeife anzündet, iſt nichts von Licht und von Leuchten zu finden, und doch kann man bei dem Feuerſtrom, der aus einer Schmirgelſcheibe des Meſſerſchmiedes ſprüht, wenn er ein Stück Stahl polirt, im Finſtern leſen. Der Phosphor, welcher durch eine ganz geringe Friction zum Leuchten gebracht wird, das ätheriſche Oel, welches mit heller Flamme aufleuchtet, ſo wie nur ein Tropfen concentrirten

ılpeterſäure darauf kommt, das Kupferblech, welches in Schwefelgas unter ichtiger Lichterſcheinung verbrennt, ſind wohl Beweiſe, daß die Körper ter Umſtänden durch Wärme leuchtend gemacht werden können. Das grellſte ht nach dem der Sonne iſt aber das elektriſche. Ein Draht, durch wel- s der elektriſche Strom geht, wird warm, heiß, glühend und zerfließt in nigen Secunden in lauter weißglühende Kügelchen. Die Spitzen zweier hlen, welche den elektriſchen Strom ausgleichen, leuchten ſo ſtark, daß man zur Beleuchtung der Straßen und Plätze nicht anwenden kann, weil e Schatten zu ſchwarz ſind.

So wie das Licht ſich ferner durch Strahlen fortpflanzt, ſo auch die ärme; ſie kann gleich dem Lichte durch Linſen concentrirt, durch Prismen n ihrem Wege abgelenkt, durch Spiegel reflectirt werden und es gehört leicht nur ein etwas empfindlicheres Auge, als wir haben, dazu, um ärme zu ſehen, wie man Licht ſieht. Umgekehrt giebt es, ſo viel wir iſſen, keine Lichterſcheinung, ohne daß zugleich Wärme bemerkt würde — r Mond, welcher bisher der einzige leuchtende und nicht wärmende Körper ar, hat dieſe Stellung durch Melloni verloren.

Die neueſte Anſicht ſtellt zur Erklärung aller Licht- und Wärmephäno- me gleichfalls ein hypothetiſches Fluidum, den Aether auf. Die Schwin- ngsbewegungen, in welche dieſer verſetzt wird, ſind die Urſache der Licht- d Wärmeerſcheinungen. Vergleicht man dieſe beiden unter einander, ſo det man in ihnen eine große Uebereinſtimmung. In demſelben Körper ſtiren Licht und Wärme neben einander zu gleicher Zeit, erleiden dieſelben ränderungen und befolgen dieſelben Geſetze; beide pflanzen ſich im leeren ume und in Luft von gleicher Dichtigkeit geradlinig, mit ungehemmter Ge- windigkeit fort und werden gebrochen, zerſtreut, reflectirt, polariſirt, ab- birt nach denſelben Geſetzen.

Auch zwiſchen Wärme und Schall zeigen ſich auffallende Aehnlichkeiten. eide werden durch Reiben erregt und den Körpern mitgetheilt, beide pflanzen h ſtrahlend fort, beide erleiden Reflexionen und beide werden beim Ueber- nge von einem Medium in das andere geſchwächt. Eben ſo wie Schall- ahlen einen elaſtiſchen Körper zum Tönen bringen können, eben ſo ver- ögen Wärmeſtrahlen einen Körper zu erwärmen. Während ein Körper it einem andern klingt, pflanzen ſich die Schallwellen durch ihn fort, ſo ie ein durch Wärmeſtrahlen erhitzter Körper einen anderen Körper wieder hitzen kann.

Da nun unwiderſprechlich bewieſen iſt (ſagt Baumgärtner in ſeinem hrbuch), daß das Weſen des Schalles in Schwingungen beſtehe und eine ahlende Fortpflanzung nur aus Schwingungen begreiflich wird, ſo fordern

die Regeln der Analogie anzunehmen, das Weſen der Wärme beſtehe
das des Schalles und Lichtes in den vibrirenden Schwingungen der
chen dazu geeigneter Körperſtoffe, die des Schalles in den Schwin
der Luft, die des Lichtes und der Wärme aber in den Schwingung
Aethers. Beim Lichte folgen die Schwingungen nur mit größerer Ge
digkeit auf einander als bei der Wärme; jene wirken auf den Sehne
Licht, ſo wie die vibrirenden Bewegungen tönender Körper als Sch
die Gehörnerven ein, während der langſamer ſchwingende Aether ſi
Gemeingefühl nur noch die Empfindungen der Wärme erzeugen
ungefähr eben ſo wie ein ſchwingender Körper nicht mehr gehört
wenn er zu langſam ſchwingt, obwohl man ſeine Bewegungen ganz k
ſehen und fühlen kann.

Ob aber die Schwingungen des Aethers oder jene der Körpe
oder beide zuſammen den Grund der Wärmephänomene enthalten, d
ſind ſelbſt die Vertheidiger dieſer Anſicht nicht einig und dies iſt
weniger wunderbar, als ſich in der Maſſe der Erſcheinungen, wel
Wärme darbietet, noch immer einzelne in nicht geringer Anzahl finden,
durch dieſe Hypotheſen (obſchon ſie den ſtolzen Titel „Theorien“
Stirne tragen) nicht erklärt werden können; dies iſt mit den bis jetzt k
gewordenen Erſcheinungen der Fall. Unzweifelhaft iſt jedoch, daß wi
lange nicht alle Erſcheinungen kennen, unzweifelhaft, indem täglich ein
mehrte Menge von Thatſachen über dieſes räthſelhafte Weſen ſich
wir alſo durchaus nicht ſagen können, daß wir die Wärme vollſtändig
und daß wir mithin dieſe oder jene Anſicht als die vollkommen und
richtige anzuſehen haben, ja es iſt bei dem gewaltig fortgeſchrittenen
unſerer Zeit doppelt nöthig, die höchſte Vorſicht in Annahme dieſe
jener Hypotheſe walten zu laſſen, weil das ganze darauf geſtützte G
durch irgend eine neue Entdeckung über Nacht umgeſtürzt werden kan

Von den Quellen der Wärme.

Die Sonne.

Die wichtigſte aller Wärmequellen, diejenige ſogar, von welcher die wohnbarkeit der Erde abhängt, die Sonne, dürfen wir wohl zuerſt be=chten.

Durch die Sonne erhält unſer Planet, auch wenn wir die Quelle des htes und der Wärme nicht ſehen, alſo bei Nacht und bei bewölktem mmel eine ungeheure Menge Wärme, wovon ein Jeder ſich ja tauſendmal rzeugt hat, da auch an einem bewölkten Sommertage die Temperatur 16 bis 18 Grad bleibt, auch in der Sommernacht ſelten unter 14 bis Grad ſinkt, überdies aber während der Nacht der einen Erdhälfte die ere Erdhälfte durch die Sonnenſtrahlen beſchienen und erwärmt wird.

Von der Helligkeit des Lichtes der Sonnenſtrahlen und von der Zeit, hrend welcher ſie den Körper, die Erde, beſcheint, hängt die Stärke der ärmung eben ſo ſehr ab, wie von dem Winkel, unter welchem ihre ahlen auf den beſchienenen Körper fallen. Dies iſt der Grund unſerer öhten Sommerwärme.

Zwar ſchmilzt auch im ſtrengſten Winter (bei 20 Grad Kälte) ein den Schnee gelegtes Stück ſchwarzes Tuch darin ein; träufelt von dem che auch nicht der geſchmolzene Schnee herab, ſo bildet er doch im Sinken der gefrierend die Eiszapfen, welche in ihrer lebensgefährlichen Mächtigkeit n ſieht mitunter deren zu hunderten in einer Reihe armsdick 4—5 Fuß g) Zeugen ſind von der Wirkungskraft der Sonne; allein ſteigt nur die nne höher und höher, wird aus dem Winter Frühjahr und Sommer, ſehen wir mit der Länge des Verweilens der Sonne über dem Horizont o mit dem Größerwerden des Winkels, der ſich immer mehr dem rechten hert, je näher die Sonne dem uns benachbarten Wendekreiſe kommt, auch der Erde mitgetheilte Wärme ſteigen und je klarer die Luft iſt, deſto chtiger iſt die Inſolation.

Die klare Luft nimmt von der Sonne ſelbſt ſehr wenig Wärme an, e trübe Luft wird als Körper, der die Sonnenſtrahlen abſorbirt, durch=rmt; nicht ſelten wird man im Sommer, ſelbſt im Schatten eines Hauſes,

durch einen auffallend warmen Luftstrom berührt, das ist mit Feuchtigkeit beladene, nicht ganz durchsichtige Luft, welche von der Sonne so stark durchwärmt worden ist, daß sie an andere warme Körper, wie der menschliche, noch Wärme abzugeben vermag. Dies geschieht nicht, wo die Luft vollkommen klar bleibt, wie auf hohen Bergen. Die Wirkung der Sonne ist nach Sauſſure's Untersuchungen auf den höchsten Gipfeln der Alpen, die er viele hundert Male bestiegen, eben so wirksam und noch wirksamer als in den Thälern. Ein Thermometer, geschützt vor den Einflüssen der kalten Luft, des Reflexes vom Schnee ꝛc. steigt 8000 Fuß über der Meeresfläche eben so hoch als 500 Fuß über derselben, allein weil die Luft dort schon viel weniger körperlich, viel leichter ist, viel durchsichtiger, der Sonne weniger Gegenstand bietet, so wird sie selbst so sehr wenig erwärmt, daß sie dem menschlichen Körper nicht nur nichts abgiebt, sondern ihm noch überdies Wärme entzieht, daher es uns auf hohen Bergen immer kalt vorkommt.

Die senkrechte Richtung der Strahlen ist von höchster Bedeutung, das können wir an dem Unterschiede der Sonnenwirkung zwischen Morgen und Mittag wahrnehmen. Ein Thermometer giebt das nicht so an, wie es sollte, wenn es die hierzu richtige Form hätte, denn wie man es auch stellen mag, es ist eine Kugel und diese bietet in allen Lagen der bescheinenden Sonne eine Hälfte dar, wenn man jedoch ein Thermometer construirt mit einem Gefäß, welches nicht rund ist wie eine Kugel, sondern möglichst groß und möglichst flach, also etwa wie ein Thaler, so wird man mittelst desselben den sehr großen Unterschied der Einwirkung senkrechter Sonnenstrahlen von den schräg auffallenden wahrnehmen.

Insolation.

Der practische Mensch weiß dies auch zu benutzen. Die Frühbeete, die sogenannten Treibkasten bedeckt der Gärtner mit sehr flach liegenden, nur wenig gegen den Horizont erhobenen Fenstern, er will die Wirkung der höher stehenden Frühlingssonne benutzen. Das Treibhaus aber verschließt er durch beinahe senkrecht stehende Fenster, damit die sehr niedrig stehende Wintersonne möglichst senkrecht auffalle.

Die lange Dauer des Sonnenscheins, vereinigt mit dem hohen Stande derselben, bringt uns den heißen Sommer und die Wirkung der Sonnenstrahlen ist dabei so mächtig, daß ein Thermometer, welches auf dem Erdboden liegt, selbst ganz leicht, ½ Zoll hoch mit Erde bedeckt, um die Mittagszeit eines klaren Sommertages bis auf 45 Grad steigt. Diese lange Einwirkung, abgesehen von der Höhe des Standes, also von der Senk-

chtheit der Strahlen, ist es, welche in den nördlichsten Gegenden der Erde, i Lappland jenseits des Polarkreises, Gerste und Hafer und andere eine rze Vegetationsperiode habende Feld- und Gartenfrüchte zeitigt. Dort eht um Johanni die Sonne gar nicht unter, an den diesem längsten, –400 Stunden langen Tage auf beiden Seiten benachbarten, neigt sich ie Sonne kaum unter den Horizont, so erhebt sie sich auch schon — wie ie Lappländer sagen — „ein paar Schritte weit davon", um wiederum einahe 24 Stunden zu scheinen, unterzusinken und „einen Schritt weiter" nter dem Horizont bleibend, sich abermals auf 23 Stunden, auf 22 oder uf 20 Stunden zu erheben.

In dieser Zeit von etwa acht Wochen (nach welcher die Tage auch noch immer ziemlich lang, doch mit den unsrigen in einem mehr gleichen Verhältniß stehen) thaut der gefrorne Boden auf 3—4 Fuß Tiefe auf, wird ackert, besäet, in dieser Zeit nährt er das Gras, den Halm, in dieser Zeit reift die Sonne die Frucht, von der Aussaat bis zur Erndte in höchens sechs Wochen, in dieser Zeit werden auch mancherlei Wurzelgewächse, n dieser Zeit werden Gurken, Kürbis, ja Melonen vollkommen reif und ie würde genügen, Aepfel, Birnen, Pfirsiche zu reifen, wenn der Baum ie Winterkälte ertrüge. In den Gärten reicher Leute, welche das Stämmhen mit einem kleinen Gebäude umgeben, das ganz mit Laub ausgefüllt st, reifen auch diese Baumfrüchte.

Wirkung der Farben auf die Strahlung.

Von großer Wichtigkeit für die durch die Sonne empfangene Wirkung ist die Farbe der Substanz, auf welche die Sonne fällt. Zuerst hat Franklin darauf aufmerksam gemacht, ihm ist gefolgt mit unzähligen, sehr genau und durch geistreiche Schlüsse wichtig gewordenen Versuchen Obrist Thomson. Dieser Mann, der Wohlthäter des schrecklich heruntergekommenen Baiernlandes, indem er die Bettelei aufhob und die Armen in Fabriken unterbrachte, dadurch zuerst einige Industrie erweckte, die er auch zu iner wirklichen Blüthe erhob; indem er ferner den Unbemittelten eine wohlfeile und doch schmackhafte und nahrhafte Speise, gute Bedeckung u. s. w. verschaffte, hatte eine außerordentliche Neigung für die auf das practische eben angewendete Physik, versuchte alles Mögliche durch einander und ließ amit auch nicht nach, als der Herzog Carl Theodor ihn zum Grafen umford (nach der Insel, auf welcher Thomson geboren) ernannte und n zum Comthur des Hubertus, des höchsten Ordens, den Baiern besitzt, hob.

Derselbe zeigte unter vielen Versuchen auch den, daß Tuch, vor
schiedener Farbe auf Schnee gelegt, nach Maßgabe der Dunkelheit der
einschmelze. Nicht ob das Stück grün oder roth sei, mache den Unter
sondern ob in einer ganzen langen Schattirung von lauter Roth oder
Blau, Grün ꝛc. eines dunkler sei als das andere, bedingt den Unter
je dunkler das Tuch ist, desto tiefer liegt es in den Schnee eingeschm

Thomson oder Graf Rumford wies nun überall in der Nat
Anwendung dieser Thatsache nach. Er zeigte, daß eben so dunkle
leichter die Wärme durch Ausstrahlung verlieren als helle und daß
die Thiere meistens eine weiße Bedeckung hätten, wo die Gefahr de
kältens am größten, also am Bauch; er zeigte, wie die Thiere des
dens alle während des Sommers ein braunes oder graues Kleid
welches sich aber erstens unter dem Bauche immer weiß erhalte, zu
über den ganzen Körper weiß werde, sobald der Winter sich nähe
zeigte, wie die Ausstrahlung durch Rauhigkeit vermehrt, durch Glätt
mindert werde, wie ein lockeres Kleid wärmer halte als ein dicht ansch
des, daher ist das Winterkleid der Thiere sehr rauh und von einem
krausen Haar gebildet, indeß gröberes diese weiche Decke durchdring
sich glatt über den Körper verbreitet, auch selbst so blank und glänze
daß es nur sehr wenig Wärme durch Strahlung verliert. Er zeigte
der Mensch diese Winke benutzen und für sich ausbeuten könne. Er
Wein und Pfirsichbäume an schwarz angestrichene Mauern pflanzen,
die Tageswärme viel besser aufnehmen als weiße, dagegen währen
Nacht das Empfangene wieder ausgeben und so die zarten Pflanze
einem zu starken Temperaturwechsel bewahrten.

So streuen in den hoch gelegenen Alpenthälern die Bauern Asch
schwarze Erde auf den Schnee, damit dieser leichter schmelze als bei
weißen, die Strahlen zurückwerfenden Glanze geschehen würde und
halten den Acker 14 Tage und mehr als dies früher zur Bestellung
trocknet und durchwärmt; so legt in entgegengesetzter Absicht der ge
Gärtner in Gegenden, welche einen heißen Sommer, aber ein unge
Frühjahr mit späten Nachtfrösten haben, wie in den östlichsten Provinze
Preußen oder wie in Kurland und Liefland, Dünger um die Wurze
Bäume, wenn der März kommt, damit die Erde nicht aufthaue u
Bäume nicht in Trieb kommen, welcher mitunter noch im Mai
wird; erst viel später, wenn sie nicht mehr fürchten dürfen, die Blüt
sterben zu sehen, also so daß dieselben erst im Juni erscheinen, räum
die Decke weg, welche das Eindringen der Sonnenstrahlen hindert un
treibt die immer steigende Wärme, verbunden mit langer Dauer

Lage, sehr kurze Nächte), die Bäume rasch in's Wachsthum, ohne daß mehr irgend ein Schaden entsteht. So macht man die Oberfläche von Körpern, welche warm werden sollen, rauh und sogar schwarz, wie Thermometer, welche die Einwirkung der Sonnenstrahlen in ihrer vollen Kraft aufnehmen sollen, dagegen man solche, die möglichst kühl bleiben sollen, hell von Farbe und wo möglich glänzend macht. Unsere Kleidung ist die unzweckmäßigste in dieser Hinsicht, die es giebt, wir tragen schwarze Kleider, für den Winter so wenig tauglich wie für den Sommer; denn im Winter, wo es darauf ankommt, Wärme zusammenzuhalten, geben schwarze Stoffe viel mehr aus als hellfarbige. Könnte man aber auch für den Winter dies ausgleichen durch Verstärkung der Kleidung, so fällt doch für den Sommer eine solche Ausgleichung (etwa durch Verminderung) fort, denn je dünner die Kleidung ist, desto leichter brennt die Sonne hindurch und ein schwarzer Rock wird auf dem Körper des ihn tragenden Mannes so heiß, daß die Hand es deutlich fühlt, obschon das Tuch ein schlechter Wärmeleiter ist und nicht so schnell abgiebt.

Die Araber, die Beduinen, die Indianer sind gescheuter, sie tragen weiße Mäntel und weite Kleidung. Die weiße Farbe dient, um einen großen Theil der Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, die Weite der Kleidung hindert, daß die Sonnenstrahlen den Körper in ihrer vollen Kraft erreichen.

Luftwechsel.

Wir begehen in Hinsicht auf diese mächtigste Wärmequelle, die Sonne, noch mancherlei Inconsequenzen. Wenn wir eine Wohnung haben, auf welche die wohlthätige Sonne trifft, eine Wohnung, welche gerade dadurch sehr vortheilhaft auf die Gesundheit ihrer Insassen wirkt, so verhängen wir die Fenster (die man mit ängstlicher Gewissenhaftigkeit schließt) mit grünen Vorhängen und sagt doch: mein Himmel, wie schwül ist es hier. Der Verfasser hat eben so gern helle Zimmer als frische Luft und Leute, die zu ihm kommen, sagen überrascht: „wie angenehm ist es hier, gerade die rechte Temperatur, nicht zu warm und nicht zu kalt; wie machen Sie es nur, daß Sie bei den offenen Fenstern nicht verbrennen? Sie haben wohl eben die Markisen heraufgezogen?

Nicht doch, die Fenster bleiben immer offen, die Sonne dringt ungehindert hinein und wenn man den kleinen Platz, den sie in der Nähe der Fenster bescheint, in Abzug bringt, so sitzt man überall in solchem Zimmer in einer Temperatur, wie sie der Tag an einem schattigen Platze bietet. Wer im Sonnenschein die Fenster schließt, erhält im Innern des Zimmers

Treibhaustemperatur. Die Sonne bringt faſt ungehindert durch das dünne Glas, die Wärme aber, die ſie hinter demſelben erzeugt, wird aufgeſammelt und je länger es dauert, deſto mehr häuft ſich durch ſtets neu hinzukommende die vorhandene Wärme. Wer die verſchloſſenen Fenſter mit dunklen Rouleaux verhängt, gewinnt ſehr wenig, denn zuvörderſt wird der Vorhang erhitzt, dann aber erhitzt dieſer die Luft und man hat zu der unangenehmen Schwüle noch das Dumpfe, was mit Verſchließen der Fenſter und Verdunkeln der Räume immer verbunden, auch wenn die Wärmequelle eine andere iſt.

Wer jedoch den Sonnenſtrahlen ungehindert Zutritt gönnt, hat nächſt dem, daß ſeine Wohnung trocken wird und die Zimmerluft ſo beſchaffen iſt wie die der nächſten Umgebung im Freien, nicht mehr Wärme zu ertragen als derjenige, der ſeine Fenſter ſchließt, aber er hat über dieſen den großen Vortheil, daß die durch den Sonnenſchein erregte Wärme zu den breiten Oeffnungen ſofort wieder hinaus kann, entweicht, er hat den Vortheil einer freien Circulation der Luft und er hat Licht, wird in ſeinen häuslichen Verrichtungen nicht geſtört. Alle diejenigen, welche Luſt haben, dieſen guten Rath zu befolgen, werden ſich dabei ſehr wohl befinden. Der Sonne wegen auf die Mitternachtſeite ziehen, iſt ganz thöricht, die Wohnungen auf derſelben ſind ungeſund, weil ſie niemals ganz trocken werden, ſie haben Kellerluft, welche gerade im Sommer am allernachtheiligſten wirkt.

Hohe Temperatur im Sonnenſchein.

Die wärmeerzeugende Kraft der Sonne iſt ſo groß, daß, wenn man verhindert, daß die erwärmte Luft entweiche, die Temperatur ohne Brennglas bis zum Siedepunkt des Waſſers gehen kann. Sauſſure hat einen hölzernen Kaſten, welcher nach unten hin immer ſchmaler wurde und innen geſchwärzt war, mit ſieben von unten auf immer größer werdenden Glasſcheiben bedeckt und dieſe ſo wohl eingepaßt, daß ſie Luftwechſel gar nicht geſtatteten, der geſpannten, durch die Erhitzung ſtärker drückenden Luft aber doch durch die Poren des Holzes ein Ausgang geſtattet war. In den innerſten und unterſten Raum dieſes Kaſtens ſtellte er ein Gefäß mit Waſſer und ein Thermometer darin und er nahm ſehr verſchiedene Male und in ſehr verſchiedenen Höhen wahr, daß das Thermometer auf 76 bis 78 Grad ſtieg.

Der bloße Erdboden erreicht bei uns im Sommer eine Hitze von 45 Grad ohne alle künſtliche Mittel, daher iſt es möglich, daß Wieſen ausbrennen (wie man ſich ſehr ungeſchickt ausdrückt, denn ſie verbrennen doch wirklich nicht, die Grasnarbe verdorrt bloß), wenn man ſie kurz vor Eintritt

er heißen Jahreszeit mäht. So lange das Gras den Boden beſchattet, geſchieht dies natürlich nicht, iſt es jedoch gehauen und entfernt, kommt alsdann nicht bald Regen, ſo wirkt der Sonnenbrand ſo nachtheilig auf die Wurzeln und die Keime, daß jedes Hälmchen vertrocknet, zerreiblich wird und zerfällt. In den heißen Ländern verbrennt man ſich die Fußſohlen, wenn man etwa mit bloßen Füßen auf dem von der Sonne durchwärmten Sande gehen will; es iſt daher gar kein Wunder, daß die Schildkröten und Krokodile, die Schlangen und Eidechſen ꝛc. ihre Eier im Sande ausbrüten, es iſt hinreichende Wärme vorhanden.

Wie wenig dazu gehört, die Wärme, welche uns durch die Sonne zugeſchickt wird, bis zum Unerträglichen, ja bis zur Vernichtung des Pflanzenlebens zu erhöhen, weiß ein jeder aufmerkſame Gärtner. In den meiſtentheils nicht gar zu gut verſehenen Treibhäuſern und Miſtbeeten, in denen ſo viele Spalten und Oeffnungen ſind, daß man glauben ſollte, ſie könnten nicht eben viel Wärme zuſammenhalten, entſteht doch beim Geſchloſſenhalten der Fenſter eine ſo hohe Temperatur, daß trotz der ungeheuren Maſſe der eingeſchloſſenen Dämpfe die Pflanzen welken, die Gipfel hängen und ſie ſterben würden, wenn man ſolche Temperaturerhöhung nicht verhindern würde, unter jedem Treibhaus- oder Frühbeetfenſter ſteht eine zackig ausgeſchnittene Latte, welche geſtattet, dieſes Fenſter mehr oder minder zu öffnen. Um Mittag ſtellt man (an einem ſonnigen Juni- oder Julitage) ſie ſo, daß beinahe eine Elle zwiſchen ihrer geſchloſſenen und ihrer gegenwärtigen Lage iſt, daß rückwärts hin die freie Luft vollkommen eindringe, vor- und nachher wird die Höhe der Oeffnung mehr und mehr vermindert, am frühen Morgen und am ſpäten Abend ſchließt man ſie ganz. Würde man vom Morgen bis Abend einen ſolchen Kaſten geſchloſſen laſſen, ſo würde man am Abend die Pflanzen in einem Zuſtande finden, als ob ſie gekocht wären.

Brennſpiegel.

Concentrirt man durch irgend eine Vorrichtung die Sonnenſtrahlen, ſo kann man durch dieſelben die größten Hitzegrade erzielen, welche nur überhaupt zu erreichen ſind, das Knallgasgebläſe und das elektriſche Feuer gar nicht ausgenommen, denn man iſt im Stande, die Wirkung des Sonnenbildes ſo viel Mal zu verſtärken, als daſſelbe in der Focalweite verkleinert erſcheint. Hat man z. B. einen Brennſpiegel von 3 Fuß Durchmeſſer und ein Reflex giebt ein Bild von der Sonne, welches 2 Zoll Durchmeſſer hat, ſo wird ſich dieſe kleine Fläche zu der großen verhalten wie 1 zu 324, ſo iſt die Größe des Raumes, den die Sonne im Spiegel beſcheint,

reducirt auf $\frac{1}{324}$ oder die Sonnenſtrahlen ſind hier 324mal über e gelegt. Nimmt man nun die frei auffallenden Sonnenſtrahlen im S mittag zu 30 Grad an, ſo wird man in dieſem Brennraum eine H — 9720 Grad haben. Iſt der Focus kleiner, was man dadurch daß man die Focaldiſtanz verringert, ſo iſt natürlich die Wirkung viel größer; wenn bei einem Spiegel, wie der gedachte, der Focus nur im Durchmeſſer hätte, ſo würde die Verſtärkung gleich ſein einer 1 ligen Vervielfältigung der Einheit des Sonnenlichtes und iſt dieſ oben, 30 Grad angeſchlagen, ſo iſt die im Focus erzielte Temperatu 38,880 Grad — eine Hitze, der wohl ſchwerlich irgend etwas au widerſtehen dürfte.

Es iſt nun allerdings nicht zu vergeſſen, daß man ſo nicht kann, indem die Unvollkommenheit des Spiegels (die mangelhafte die nicht richtige Form, welche die Vereinigung aller Strahlen a gewiſſen Raum unmöglich macht, die daraus hervorgehende Vertheil Sonnenbilder in verſchiedenen Schichten, die ſich weder decken, noch eine Ebene fallen) als ſehr ſtörend auftreten, aber wiederum ſteht d daß gerade durch die Häufung der Sonnenſtrahlen von vielen reflec Flächen auf einen und denſelben Punkt das Gedachte geſchieht; al auch nicht die Zahl der Grade, doch gewiß die Art der Steiger Wärme diejenige iſt, welche hier beſchrieben worden.

Wir können uns ſehr leicht davon überzeugen. Dasjenige, wo Jeder von uns ſeine optiſchen Studien begonnen, das Zurückwerfen der S ſtrahlen durch einen Spiegel auf des Nachbarn Haus oder in deſſen kann zu einem ganz wiſſenſchaftlichen Verſuch werden, obſchon die die man dazu anwendet, nur ſehr untergeordnet ſind. Läßt man das S bild durch einen Spiegel auf die Oberfläche der Hand fallen, ſo wi eine bemerkbare Erwärmung empfinden. Läßt man einen zweiten daſſelbe Bild ſo reflectiren, daß es mit jenem erſten auf dieſelbe St Hand fällt, ſo wird man eine bedeutende Verſtärkung der Erwärm

Archimedes' Brennspiegel.

Es ist eine bekannte Sage, daß Archimedes bei der Belagerung von
racus die Schiffe des Marcellus durch Brennspiegel in Brand gesteckt
e. Allerdings schweigen die besseren Historiker darüber, Polybius, Livius,
tarch erzählen nichts davon, was die Sache verdächtig macht. Erst im
Jahrhundert tauchte durch Zonarus und Tzetzes die Sage auf, welche
auf Diodor, Dio Cassius, Hero, Philo ꝛc. berufen, durchweg aber auf
ther dieser alten Klassiker, welche verloren sind. Dem Pater Kircher,
m bekannten Forscher des 17. Jahrhunderts, gab dies Veranlassung, die
glichkeit der Angaben durch Versuche zu prüfen; vielleicht kannte dieser
: gelehrte Mönch die Schrift des Tzetzes, welche zu glauben geneigt macht,
himedes habe mit mehreren vereinigten Planspiegeln sein Wunder bewirkt
r er kannte das Werk des Vitellio über Optik, in welchem angeführt
b, man könne mit 24 vereinigten Planspiegeln Holz anzünden, was auch
hemius, der berühmte Erbauer der Sophienkirche in Byzanz unter
tinianus, ganz deutlich ausspricht, kurz er (Kircher) nahm sich vor, die
glichkeit solcher Versuche zu prüfen. Er verband zu diesem Zweck fünf
nspiegel, so daß sie ihre Strahlen auf einen 100 Fuß entfernten Ort
fen, brachte eine sehr große Hitze dadurch hervor und glaubte bei seiner
wesenheit in Syracus mit dem Pater Schott schließen zu dürfen, daß
dem Archimedes sehr wohl möglich gewesen, die römische Flotte anzu-
den.

Den Versuch des Grafen Büffon betreffend, so ist er wohl der glän-
ste und entscheidendste für die Möglichkeit des Archimedischen. Der
f, von selbst auf den Gedanken gekommen oder durch Kircher's An-
en geleitet, verband zu gemeinschaftlicher Wirkung 168 Planspiegel von
Zoll Breite und 6 Zoll Höhe auf einem großen Gestell, so daß er jeden
zelnen nach Belieben bewegen konnte. Er stellte nun diese Spiegel so
, daß sie alle zusammen ihre Sonnenbilder auf einen Punkt warfen, den
begreiflicher Weise beliebig entfernt halten konnte und dann machte er
t mehr oder minder großen Mengen von diesen Spiegeln Experimente
er die Zündkraft.

Mit 40 solchen Spiegeln zündete er auf 66 Fuß Entfernung ein
henes Brett an; mit 128 Spiegeln gelang dies auf die Entfernung von
0 Fuß beinahe augenblicklich; mit allen Spiegeln zusammen schmolz er
200 Fuß Entfernung alle Metalle. Hieraus ergiebt sich unzweifelhaft
Möglichkeit, auch auf größere Entfernungen als 200 Fuß Holz anzu-

zünden und die einzige Einwendung, welche man dagegen macht (namentlich der bekannte würdige Gehler) ist leicht beseitigt, nämlich daß die Römer dem Archimedes schwerlich Zeit gelassen haben würden, seine Veranstaltungen mit Muße zu treffen und daß sie ihre Schiffe zurückgezogen haben würden, sobald sie Erhitzung, Rauch und dergleichen bemerkt hätten. Wahrscheinlich wird Archimedes seine Spiegel nicht vor den Augen der Feinde vereinigt, sondern er wird sie vorher an einem andern Orte so gestellt haben, daß sie auf 200 oder 400 Palmen Entfernung zündeten, nun erst das ganze System von Spiegeln gleichzeitig an den Hafen (vielleicht auf irgend einen Theil der Mauer, einen Thurm) gebracht und dann auf irgend eines der Schiffe gerichtet haben, welches ihm ungefähr die richtige Entfernung gehabt (eine Schätzung, die man einem so großen Mathematiker wohl zutrauen durfte), wo denn augenblicklich die Zündung erfolgte. Aber gesetzt, er hat Alles vor den Augen der Feinde gemacht, so wußten diese ja gar nicht was er beabsichtigte, und wenn er nur die natürliche Vorsicht übte, nie mehr als zwei Bilder auf einander zu werfen, so konnte auch Niemand bemerken, was er that. Der Spiegel leuchtet nur demjenigen, auf dessen Auge der Wiederschein trifft; fällt der Schein unter seine Füße, auf die Außenseite des Schiffes, so hat er keine Ahnung davon.

Wenn nun, sobald das zweite Spiegelbild ganz auf das erste gefallen der erste Spiegel zugedeckt, dann das Bild des dritten Spiegels auf das des zweiten geworfen, hierauf der zweite Spiegel zugedeckt und nun das Bild des vierten auf das des dritten geworfen wird, so kann Niemand die Veranstaltung und die Absicht derselben ahnen, wenn er nicht durch Kenntniß der Physik von den Wirkungen unterrichtet ist, und wenn nun, nachdem alle Spiegel so gerichtet waren, plötzlich alle Verhüllungen derselben fortgezogen wurden, so mußte wohl das getheerte Holz der Schiffe in Brand gerathen.

Klima.

Ob es aber geschehen oder nicht, ist für das hier Vorliegende ganz gleichgültig, es ist von der Sonne, als der Hauptquelle der Wärme, die Rede und davon, daß man die Strahlen derselben zurückwerfen und so häufen könne, daß sie brennbare Substanzen zünden, Metalle schmelzen ꝛc. und die ist allerdings möglich, denn es ist durch Versuche nachgewiesen.

Die Einwirkung der Sonnenstrahlen bedingt auf der ganzen Erdoberfläche dasjenige, was wir Klima nennen. Da die Klima's nun höchst verschieden sind, so sehen wir, wie sehr verschieden die Wirkung derselben Sonne auf denselben Körper sein müsse, und da die Temperatur und das Klim

irgend eines Ortes abhängig ist von seiner geographischen Lage und seiner Höhe über dem Meeresspiegel, so haben wir hierin den Schlüssel zu allen Veränderungen.

Die Erde ist im Vergleich mit der Sonne überaus klein; sie ist zwar von dichterer Masse als die Sonne und ihr Gewichtsverhältniß ist daher ein für sie günstigeres als ihr Größenverhältniß, denn sie hat $^1/_{350000}$ von der Masse der Sonne und weniger als $^1/_{1000000}$ von deren räumlichen Inhalt. Allein dieser Milliontheil des Sonnenkörpers hat doch eine Ausdehnung, eine Gestalt und die Strahlen der Sonne fallen auf diesen Körper seiner Gestalt wegen in demselben Augenblick sehr verschieden auf. Wenn die Sonne am 21. März oder 21. September im Mittag steht, so fällt sie den Bewohnern des Erdäquators senkrecht auf den Scheitel und sie haben dann den Schatten so vollständig unter ihren Füßen, daß sie kaum etwas davon sehen, und man könnte glauben, sie hätten wie Peter Schlemihl ihren Schatten verkauft.

Zu derselben Zeit und Stunde hat ein Bewohner des 45. Grades, also etwa des nördlichen Italien oder des südlichen Frankreich einen Schatten, der genau so lang wie er selbst ist. Ein Mann von 6 Fuß Höhe hat einen 6 Fuß langen Schatten, der eines Kindes von 3 Fuß Höhe mißt 3 Fuß.

Zu derselben Zeit hat ein Bewohner des Nordpols oder des Südpols einen unendlich langen Schatten, einen solchen, der auf der Erde nicht ausläuft, sondern in den Luftraum fällt und wirklich, d. h. im eigentlichsten Sinne des Wortes unendlich wäre, wenn die Sonne ein leuchtender Punkt wäre, da sie aber Ausdehnung hat, so verjüngt sich der Schatten eben so wie der unserer Erde, welcher ein Kegel ist, dessen Spitze zwischen 80- und 90,000 Meilen von der Erde liegt, indeß die Erde selbst die Basis dieses Kegels bildet.

Aus diesen Schattenverhältnissen geht der Stand der Sonne hervor; dieselbe muß im ersten Falle senkrecht über dem Haupte des Beobachters stehen, der Bewohner des 45. Grades sieht dieselbe so (d. h. um Mittag), daß sie sowohl mit seiner Körperrichtung als mit der Richtung der Ebene, auf welcher er steht, einen Winkel von 45 Graden macht, der Bewohner des Poles sieht die Sonne im Horizont, und diese respectiven Stellungen der Sonne sind es, welche das Klima bedingen. Allerdings haben Nähe des Meeres, weitläuftige Bewaldungen, Bodenerhebungen ꝛc. auch noch ihren Antheil daran, allein wenn man auf demselben Meridian von Norden nach Süden wandelt, so hat man mit der höher steigenden Sonne auch

immer höhere Grade der Wärme und Alles, was mit dieser im Zusammenhang steht, hierher gehört vorzugsweise das Thier- und das Pflanzenleben.

Pflanzenwuchs.

Je höher die Sonne steht, desto üppiger entwickelt sich (vorausgesetzt, daß eine zweite unerläßliche Bedingung des Pflanzenlebens, die Feuchtigkeit, nicht fehlt) der Pflanzenwuchs. Daß die Sahara ganz von aller Vegetation entblößt ist, rührt lediglich daher, daß sie kein Wasser hat. Die Sonnenstrahlen fallen brennend auf einen höchst empfänglichen Felsen- und Sandboden. Die darüber stehende Luftschicht wird erwärmt, ausgedehnt und steigt als leichter empor, an allen Seiten strömt Luft in den leer gewordenen Raum ein, wird jedoch gleichfalls erwärmt in den allgemeinen Strom fortgerissen und was noch an Feuchtigkeit mit dieser zuströmenden Luft herbeikommt, ist alsbald viel weniger fähig niedergeschlagen zu werden als vorher, da es durch Erhöhung der Temperatur an Auflöslichkeit zunimmt.

Auf diese Weise wird, wenn ja der Boden noch einige Feuchtigkeit hätte, dieselbe durch den aufsteigenden Strom entführt und ein Feuchtigkeitsmesser zeigt in der Luft der Sahara auf Null; daher wachsen dort nur an den etwas vertieften Stellen dürftige, bittere und salzige Kräuter, ausgenommen die Oasen, langgestreckte Thäler, eingesenkt in die Ebene der Wüste, ehemalige Flußbetten, in denen entweder wirklich noch Wasser fließt, oder die wenigstens einen hinlänglich feuchten Untergrund haben, um einige Dattelpalmen und ein Paar andere tropische Pflanzen zu nähren.

Wo jedoch Feuchtigkeit nicht fehlt, erweckt die durch die Sonne erregte Wärme einen Pflanzenwuchs, der in das höchste Staunen setzt; da wachsen 300 Fuß hohe Araucarien, dort wachsen die prächtigen Wachspalmen (Ceroxylon andicola), welche Humboldt höher als den Straßburger Münster fand, dort wachsen Gräser von 40—110 Fuß (die Rohrgattungen), dort die Schlingpflanzen von 200 und mehr Fuß, dort die kletternden Palmen, welche 600 Fuß lang werden, dort die prächtigsten Blumen, von der Victoria regia mit 1 Fuß Durchmesser bis zu der Rafflesia von 3 Fuß Durchmesser (also von 10 Fuß Umfang).

Wenn aber nun die Wärme abnimmt, so sehen wir auch den Pflanzenwuchs sich vermindern; schon in unsern mittlern Breiten sind Bäume von 100 Fuß Höhe Seltenheiten, die Gräser werden kaum noch 15 Fuß hoch und zwar allein das Schilfrohr; die mehltragenden Gräser, welche vorzugsweise hier, nicht in der heißen Zone zu Hause sind, haben 5—6 Fuß Höhe, die Wiesengräser 3—4 Fuß.

Je weiter man nach Norden schreitet, desto kleiner wird der Pflanzenwuchs; in dem fernen Norwegen wachsen zwar noch stolze Tannen, allein es kommt eine Gegend, welche von Bäumen nur noch der Zwergbirke und der Krummföhre Nahrung giebt, aus den blühenden Pflanzen werden blüthenlose oder solche mit mikroskopischen Blüthen, die Moose, zuletzt die Flechten, und endlich kommt auf Grönland, auf Spitzbergen, auf Labrador eine Gegend, wo gar nichts mehr wächst, obschon des Wassers genug vorhanden ist. Die Wärme erregende Kraft der Sonne fehlt. Auf Island giebt es noch an manchen Punkten eine schöne Vegetation, in unsern Gegenden ist diese am schönsten in der Nähe der Quellen, nicht so in Island, dort flieht die Vegetation die Quellen; diese sind entweder kochend heiß, dann ist begreiflich von Vegetation keine Rede, oder sie entspringen dem beschneiten Gebirge, dann sind sie eiskalt oder doch höchstens 1 Grad warm und was demnach die Sonne noch wärmend erwirkt, das vernichtet die Kälte des Wassers.

Eben so wie die Wärme von dem Aequator nach beiden Polen hin abnimmt, eben so nimmt sie ab von der im Allgemeinen überall gleich hochstehenden Fläche des Meeres nach den Gipfeln der Berge zu. Munke sagt in seiner Wärmelehre, dies betrage in mittlern Breiten für 700 Fuß 1 Grad; es ist schwer zu begreifen, wie ein solcher Gelehrter dies sagen konnte. Mailand hat eine mittlere Temperatur von 13½ Grad, demnach müßte das Hospiz auf dem St. Gotthardt, welches 6000 Fuß hoch liegt, eine mittlere Temperatur von 5½ Grad haben, oder, da es thatsächlich eine mittlere von — ½ Grad hat, müßte es nicht 6000, sondern 9700 Fuß hoch liegen.

Solche Bestimmungen sind durchaus unzulässig, man kann nur im Allgemeinen sagen, die Temperatur nimmt mit der Höhe ab, jedoch höchst verschieden, nicht nach der Jahreszeit, was sich von selbst versteht, sondern nach der geographischen Breite, nach der östlichen oder westlichen Lage, nach der Nähe der Meere, nach der Tagesstunde u. s. f.

Temperaturvertheilung.

Von welcher unglaublichen Bedeutung diese sei, möge ein Beispiel Zeugniß ablegen. Der mexicanische Meerbusen, ein gewaltiger Siedekessel, in welchem das Meerwasser die Temperatur von 31 Grad C. annimmt, entsendet (indem er an der nördlichen Küste von Südamerika ungeheuere Wassermassen des allgemeinen großen Meeresstromes empfängt, welche ihn überfüllen müßten, wenn sich nicht ein entsprechender Ausflußkanal auf der

andern Seite vorfände) zwiſchen Florida und Cuba den 10 Meilen breit Golfſtrom, welcher ſich Anfangs längſt der Küſte nördlich von Nordameri hinauf zieht, dann ſich öſtlich wendet, immer breiter wird, natürlich auch Temperatur immer mehr abnimmt, doch mit einer Wärme von 8 bis 10 Gr noch auf die Küſten des weſtlichen Europa's trifft, die er bald zwiſch höherer, bald zwiſchen niederer Parallele erreicht und auf deren Küſten ſeine höhere Temperatur abſetzt. Daher kommt es, daß in Irland l Myrthen- und Lorbeerbäume ſo üppig wachſen wie in Sardinien; daß kommt es, daß eben daſelbſt die prächtige Camellia und die anmuthi Fuchſia gleich der Georgine ganz ſchutzlos, d. h. des Schutzes gar nicht b dürftig, aushalten; daher kommt es, daß während öſtlich von Dänem zur Winterszeit die Schifffahrt gänzlich ſtockt, die Küſte von England u Irland, von dem viel weiter nördlich gelegenen Schottland, ja die von ga Norwegen eisfrei bleiben. Von ganz Norwegen, nicht etwa von Chriſtian bis Drontheim, ſondern eben ſo gut von Drontheim bis zum Nordcap; de man kann in jedem Winter von der Nordſpitze der ſkandinaviſchen Hal Inſel nach der Südſpitze von Spitzbergen fahren, ohne auf Eis zu ſtoße Zwiſchen dem 65. und 70. Breitengrade fand Obriſt Sabine das Me 5½ Grad warm.

Daß dieſe Temperatur dem Waſſer des Golfſtromes zu danken ſ geht daraus hervor, daß man Früchte eines tropiſchen Klima's an d Küſten von Irland, Schottland und Norwegen findet. Daß aber die Golfſtrom wohl den Winter milder, nicht aber den Sommer wärmer mac geht wiederum daraus hervor, daß dort, wo die Myrthen blühen und l Lorbeeren die Gärten der iriſchen Lords ſchmücken, kein Apfel zur Re kommt, viel weniger ein Pfirſich oder eine Weintraube. Dieſe Wärme wi nur von der Sonne gegeben, daher iſt es auch ganz überflüſſig, ſogenann mittlere Temperaturen aufzuſuchen, d. h. ſolche, in der die ſämmtlichen Wärm grade des ganzen Jahres, auf einen Tag reducirt, ausgeglichen ſind. M erhält dieſe, indem man die niedrigſte, die höchſte und zwei mittlere Temp raturen eines jeden Tages aufſchreibt und am Ende des Jahres alle di Grade zu einer großen Summe addirt und dieſe dann durch die Zahl d Beobachtungen nämlich durch 4 mal 365 (durch 1460) dividirt. Alle dieſe Zahl giebt uns ein entſtelltes Bild und gar keinen Begriff von de wirklich vorhandenem Klima — die mittlere Temperatur von Swinemün an der Oſtſee iſt 9 Grad und die von Odeſſa, welches unter den 46. Grad alſo um 7 volle Grade ſüdlicher als Swinemünde liegt, iſt auch 9 Gr Wer nun die köſtlichen Früchte gegeſſen, welche dort reifen und ſchließ wollte, eben ſo ſüße Trauben, ſaftreiche Pfirſiche und aromatiſche Birn

müßten auch in Swinemünde reifen, würde doch sehr fehl gehen — woher kommt es denn, daß bei Swinemünde kaum ein paar saure Kirschen und mäßig schlechte Pflaumen gedeihen, es hat ja doch einen so außerordentlich milden Winter? er beträgt ja durchschnittlich nur ½ Grad unter Null; ja der kälteste Monat, der Januar, bringt durchschnittlich nicht mehr als 2 Grad, gewiß, dabei erfriert kein Wein und kein Apfelbaum, aber bei der Temperatur des heißesten Monats, 17 Grad, reift auch kein Apfel; in Odessa dagegen, woselbst der Winter — 3 Grad hat und woselbst die Kälte bis auf — 21 Grad steigt, erfriert, wenn er nur niedergelegt wird, der Wein auch nicht; bei einer mittleren Temperatur des Sommers aber von 23 Grad und einer Hitze von 30 Grad im heißesten Monat, reifen allerdings Weintrauben, Mandeln, Ananas, Apfelsinen und die köstlichsten Früchte, die es überhaupt giebt.

Extreme Temperaturen.

Es ist fast unbegreiflich, wie man so lange etwas so Verkehrtes hat treiben können als die Thermometer-Beobachtungen im Schatten. Noch von seinem würdigen Lehrer, dem Prof. Erman d. ä., hörte der Verfasser mit Andacht, daß es sehr schwer sei, eine Stelle zur Beobachtung der Wärme eines Ortes zu erhalten; die Sonne dürfe niemals auf das Thermometer scheinen, darum sei ein gewöhnlicher Standpunkt desselben nach Norden zu durchaus nicht genügend sicher, es erhält daselbst ja Morgens und Abends Sonnenstrahlen genug, um ein unrichtiges Resultat zu geben; der Raum müsse eingeschlossen sein, so daß die Häuser auf der Seite Morgen- und Abendsonne hinderten, das Thermometer zu treffen. Ein Haus, welches gegenüber liege, sei sehr nachtheilig, das Thermometer bekomme Reflex und werde durch Wiederschein erwärmt, was durchaus nicht sein dürfe; daher es unstatthaft, einen Platz für dasselbe zu wählen, wie ihn eine von Osten nach Westen verlaufende Straße auf ihrer Südseite (d. h. auf derjenigen, deren Fenster nach Norden schauen) biete, denn hier sei das nach Norden sehende Gemäuer den ganzen Tag von dem Wiederschein der Sonne getroffen.

Es kamen noch eine Menge Bedingungen heraus, welche schließlich dazu führten, daß eigentlich ein tiefer Keller das beste sei. Erman wohnte bis zum Jahre 1824 in einem Hofgebäude der Kriegsschule und hatte das seltene Glück, keine Sonnenstrahlen zu sehen; er war sehr ungehalten, als er diese Wohnung mit einer in einer der beiden Hauptfronten sehr prächtig gelegenen vertauschen mußte, denn er hatte daselbst keinen Platz für sein viele Jahre lang getreulich beobachtetes Thermometer.

Von dieser irrigen Auffassung rühren auch die viele Jahre in Gültigkeit gebliebenen Ansichten her, eine sogenannte kalte Quelle gäbe am sichersten die mittlere Temperatur. Wenn man diejenige Temperatur, in welcher sich alle Differenzen, nicht blos die Extreme, sondern auch die einzelnen leisen Schattirungen ausgeglichen haben, die mittlern nennt, so ist allerdings die Temperatur einer Quelle oder eines 40 Fuß tiefen Kellers das richtige Mittel.

So aber steht es nicht in der Natur. Die Sonne läßt für das von ihr beschienene Kornfeld, für den Apfelbaum, für den Kohlgarten nicht Mauern aufführen, sondern sie sendet ihre glühendsten Strahlen dem Kohl direct auf den Kopf, unbesorgt, ob er davon den Sonnenstich bekommen werde. Theilt ein Mensch recht künstlich einem Apfelbaum die Schattentemperaturen mit, hindert er die Sonne, ihm die Krone heiß zu machen, so wird er den Baum wohl grünen, vielleicht auch Blüthen ansetzen, aber gewiß keine Früchte ausbilden sehen.

Wie das vorhin angeführte Beispiel von Swinemünde und Odessa uns lehrt, so giebt die mittlere Temperatur eines Ortes, wenn sie auf diese Weise gewonnen wird, gar kein Bild von dem Klima und von der Fruchtbarkeit eines Landes; ja wir haben zwar schon einen großen Schritt zur Gewinnung eines richtigen Standpunktes weiter gethan, aber wir haben ihn keineswegs erreicht, denn, obschon die Aufzeichnung der extremen Temperaturen uns schon ganz andere Ansichten gab, als wir vorher von der Sache hatten, so ist das Rechte und Richtige noch immer nicht gewonnen, denn auch dieses ist eine mittlere Temperatur, entweder aus halbjährigen oder noch besser, aus vierteljährigen Beobachtungen des Thermometers im Schatten.

Sonnenwirkung im Freien.

Wollen wir das Richtige haben, so müssen wir uns fragen: wie stark wirkt die Sonne während des Tages im Freien? wie weit kühlt sich die Luft während der Nacht ab? was ist die mittlere Temperatur aus diesem sonnigen Thermometerstande während eines jeden Vierteljahres? Wir werden alsdann ganz andere Resultate noch bekommen als die jetzigen und werden erfahren, weshalb das Klima von Berlin und von Swinemünde, deren mittlere Temperatur ganz gleich und deren Lage hinsichtlich der Meereshöhe kaum 50 Fuß von einander abweicht, doch so verschieden ist, daß hier die herrlichsten Früchte auf das Vollkommenste ausreifen und daß man an Spalier Trauben und Pfirsiche zieht, wie man sie in dem 4 bis 6 Grad

südlicher gelegenen Würtemberg gar nicht zu sehen bekommt; daß hier so saftreiche Melonen erzeugt werden, wie nur im südlichen Ungarn, während in Swinemünde die Kartoffeln kaum reif werden. Die Tagestemperatur im Schatten beträgt 22 bis 24 Grad, Sonnenwärme giebt dem Boden in der Stadt eine Temperatur von 30 bis 35 Grad, ausnahmsweise von 45 Grad; in Swinemünde sind es 15, ausnahmsweise 18 Grad. Die Sommernächte bleiben hier in der Regel 15 bis 18 Grad warm, so daß man nicht friert, wenn man einem Gartenconcert bis 10 Uhr beiwohnt und nun die jetzige verzärtelte Jugend daran denkt, für die späten Abendstunden einen leichten Ueberwurf mitzunehmen, während in Swinemünde mit Sonnenuntergang eine so unangenehm niedrige Temperatur eintritt, daß jeder Badegast seine Wohnung aufsucht — gegen Morgen glaubt man wohl gar, es müsse gefroren haben, solchen unangenehmen Eindruck macht die schneidende Luft.

Aehnliche Verhältnisse treten in sehr südlich gelegenen Ländern aus anderen Ursachen ein. Wir wollen nicht von Schwaben sprechen, dem sogenannten Weinlande, wo doch auch kein Spaziergänger nach Sonnenuntergang mehr auf dem Wege zu finden ist, sondern von dem wirklichen Weinlande Italien, Frankreich, Spanien. Der Temperaturunterschied wird durch zwei wichtige Ursachen herbeigeführt und ist durch den Verein derselben sehr groß. Durch die längere Nacht und durch den außerordentlich klaren Himmel.

Je weiter man nach dem Aequator geht, desto mehr gleichen sich Tag und Nacht in ihrer Dauer aus. Ist bei uns der längste Tag 18, in Petersburg 22 Stunden, so ist er in Rom nur 14 und in Quito nur 12 Stunden lang; d. h., je weiter polwärts, desto länger weilt am längsten Tage die Sonne über dem Horizont, desto kürzer ist die Nacht, desto länger währt also die Mittheilung der Wärme, desto kürzer ist diejenige Periode, während welcher die Erde von der empfangenen Wärme verlieren kann. Der Vortheil ist also während des Sommers ganz auf Seite der Orte, die in höheren Breiten liegen. Die südlicheren bekommen zwar durch die Sonne, welche höher steigt als bei uns, in einer Stunde mehr Wärme, als bei uns in derselben Zeit, aber der Stunden sind nicht so viele wie bei uns, 14, ja nur 12 statt 18 bis 22.

Dagegen verlieren aber jene Gegenden durch die längeren Nächte viel mehr von ihrer höheren Temperatur, die Zeit ist ja mitunter noch einmal so lang — Humboldt hat im Freien schlafend, in seinen Mantel gehüllt und mit dem Ponjo bedeckt, erbärmlich gefroren, als er die tropischen Gegenden von Amerika besuchte — das sagen unsere braven Soldaten bei

ihren Herbstmanövern (September) in der Regel nicht, es müßte denn schon sehr unfreundlich, regnerisch sein, gewöhnlich sind 3 bis 4 Bivouacnächte mehr eine Lust als eine Strapaze, obwohl zu dieser Zeit die Nächte auch so lang sind wie die Tage. In Italien, in Spanien flieht Jeder das Freie so wie es dunkel wird; nur der zärtliche Liebhaber klimpert auf der Mandoline seiner Donna etwas vor und dabei hat er gewiß seinen zwölf Ellen weiten Mantel, den er sich drei Mal um die Schultern wickeln kann, bei sich.

Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

Der zweite Grund, die Klarheit der Luft, ist von nicht anderer Bedeutung. Jeder Körper giebt von seiner Temperatur an jeden andern, der eine niedrigere Temperatur hat, etwas von seiner Wärme ab und zwar so lange, bis beide Körper gleiche Temperatur haben. Wenn man mitten in einem Zimmer, welches 15 Grad Wärme hat, eine Kugel mit kochendem Wasser aufhängt, so wird dieselbe so lange an die Luft und die umgebenden Wände von ihren 100 Grad abgeben, bis die Kugel und die Wände gleiche Temperatur haben. Wäre es möglich, die Wände des Zimmers 24 Stunden lang auf 100-Grad zu erhalten, so würde eine da hinein gebrachte Kugel mit siedendem Wasser nichts von ihrer Temperatur verlieren, sie würde die 24 Stunden hindurch 100 Grad behalten bis die Wände sich abkühlten und ihr nicht mehr so viel zurückgeben, als sie ausgiebt.

Die Erde ist in solchem Falle. Sie schwebt in einem freien, kalten Raume und giebt immerfort an denselben von ihrer Wärme ab, und zwar während des Tages durchaus nicht weniger als während der Nacht, allein wir empfinden dies während des Tages nicht, weil da die Sonne der Erde mehr giebt, als sie durch Ausstrahlung verliert. Anders ist es während der Nacht. Hier giebt die Erde an den Weltraum ab, ohne gleichzeitig zu empfangen, daher man die Temperaturabnahme wohl bemerkt.

Ist nun aber der Himmel klar, wie in den wärmern Ländern in der Regel, so geht diese Ausstrahlung ungehindert von statten; die Erde verliert rasch und viel von ihrer Wärme, daher die ungemeine Temperaturabnahme in Italien, Spanien, noch mehr in den Tropenländern während der Nacht, welche so weit geht, daß sich auf flachen Wassergefäßen Eis bildet; ein Umstand, welcher in Indien gewerbsmäßig ausgebeutet wird, indem es daselbst förmliche Eisfabriken giebt und sie oder die Abkühlung überhaupt, wenn sie auch nicht bis zur Eisbildung geht, wird durch die lange Dauer der Nächte unterstützt.

Anders ist es bei uns, in den Ländern der nördlichen gemäßigten

ne. Ueberhaupt ist bei uns die Luft während der Sommermonate nie- ls so vollkommen klar als in den wärmeren Gegenden, denn oben erhalten r während der Nacht meistens eine schützende Wolkendecke. Nun ist klar, ß wenn auch die Wolke an ihrer obersten Schicht Wärme gegen den dunklen chthimmel, gegen den Weltraum verliert, dies doch schon mit der nächsten hicht, welche den Weltraum nicht mehr sieht, nicht der Fall sein kann. el weniger also mit der Erde, welche ja den Weltraum auch nicht sieht, b nicht etwa nur die oberste Schicht der Wolken, sondern die ganze Masse selben als schützende Decke auf sich ruhen hat.

Gegen diese Wolken strahlt die Erde allerdings auch aus, an diese giebt von ihrer Wärme gerade so gut ab, wie sie an den klaren Nachthimmel geben würde, nur erstens nicht so viel, denn die Wolken haben selbst mperatur und die Abgabe kann doch nur nach Maßgabe des Temperatur- terschiedes stattfinden — dagegen empfängt zweitens die Erde auch durch Strahlung der Wolken gegen sie bedeutende Quantitäten Wärme zurück. gen den blauen Himmel ist die Wärmestrahlung der Erde ein vollstän- er Verlust ihres Kapitals, der sie banquerutt machen würde, wenn die cht lange dauerte, wie wir an den Polen sehen, wo der halbjährige Tag ht ersetzen kann, was die halbjährige Nacht an Verluste herbeiführt. ischen Erde und Wolke besteht die Wärmestrahlung gegenseitig, es ist also Austausch der Wärme der Erde gegen die Wärme der Wolken, wobei Erde zwar im Nachtheil ist, weil sie weniger empfängt als sie giebt, liches Spiel sie jedoch viel länger aushalten kann als jenes gegen den elblauen, klaren Nachthimmel, wo Verlust auf Verlust folgt und die ank bald gesprengt werden würde.

Wie bedeutend die Rückstrahlung ist, weiß ein Jeder, der einmal eine mit as beleuchtete Stadt gesehen und den Reflex des Lichtes durch die Wolken, elche wie durch eine Feuersbrunst geröthet aussehen, beobachtet hat. Es ist eser Widerschein so stark, daß man daran die Annäherung an Berlin ährend der Nacht auf eine dreimal so große Entfernung wahrnimmt s bei Tage durch seine Thürme, deren einige eine nicht unbedeutende Höhe ben, die in ihrer ganzen Majestät hervortreten können, da die Stadt, ber von einer Seite, ringsum von einer wagerechten Ebene begrenzt ist.

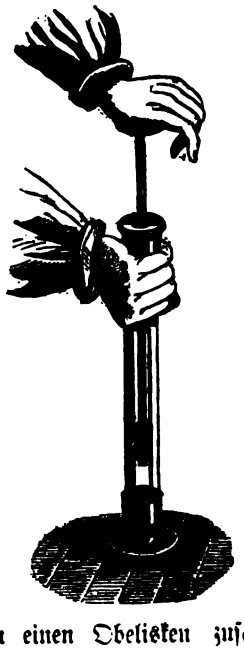
Dichtigkeit der Luft.

Kehren wir zu der Abnahme der Sonnenwärme mit vermehrter Höhe er dem Meeresspiegel zurück, so hat bis jetzt noch kein Gesetz gefunden rden können, nach welchem man voraus zu bestimmen vermöchte, welche

Temperatur dieſe oder jene Höhe haben wird. Die Sonne ſchein wirkt auf den höchſten Gipfeln der Andes nicht ſchwächer als in dem t Thal der Erde, am todten Meere 1400 Fuß unter dem Meeresſ Sauſſure hat in den Alpen, Humboldt hat ſpäter auf den mexikan Gebirgen hierüber Verſuche angeſtellt, welche das angedeutete Reſulta zwar gegen alle Vermuthung und gegen die früheren Annahmen, er denn man war gewohnt zu glauben, in hohen Regionen habe die Son viel geringere Kraft als in der Nähe der Erdoberfläche.

Nun hat ſich allerdings ergeben, daß Compreſſion luftförmiger wi Körper, dieſelben erwärmt; denken wir an das Beiſpiel, welches wir angeführt, an das Glühendhämmern eines Stückes Eiſen, denken w das Compreſſionsfeuerzeug, bei welchem durch mäßige Zuſammendr der Luft dieſe ſo ſtark erhitzt wird, daß ſie Feuerſchwamm ent wie die Fig. 286 verſinnlicht, in welcher man einen glatt ausgeſchl Cylinder von Glas ſieht, wie derſelbe gegen einen Widerſtand leiſ

Fig. 286.



Körper von der einen Hand gehalten wird, die andere mit einem raſchen Schlage einen pel luftdicht in die Höhlung hineintreibt; dem unterſten Ende des Stempels befin Stückchen Schwamm wird dadurch entzünd zieht man ihn raſch genug heraus, ſo blei Schwamm brennend. Die Thüringer Bau dienen ſich dieſes Apparats aus Meſſing ge als ihres gewöhnlichen Feuerzeuges.

Es hat ſich auch ergeben, daß Ausdehnung ſcher Flüſſigkeiten Erkältung hervorbringt (man dert dadurch die Verdunſtung und kann unter der der Luftpumpe, mitten im warmen Zimmer, in Eis verwandeln), allein man hat doch di tigen Folgerungen zu ziehen, nicht gewag Sauſſure mit der Behauptung auftrat, überzeugt, daß, wenn man eine Säule vor Meile Breite und Dicke aus der Atmoſphä ausſchneiden und horizontal niederlegen könne zu einen Obelisken zuſammengedrückte, d. h. nach ihrem obern E immer dünner werdende Säule überall gleiche Temperatur zeigen oder mit andern Worten daſſelbe geſagt: wenn man aus verſchiedenen der Atmoſphäre, wo an demſelben heiteren Mittage das Thermomet 20, 10, 0 Grad, —10, —20, —30 Grad zeigt, verſchiedene Cu

er Luft, die das Thermometer umgiebt, aus der Luftmasse herausschneiden nd so zusammendrücken würde, daß eben diese Luft auf eine solche Dichtigeit käme, wie sie dieselbe am Meeresufer hat, man mit dieser Raumverngerung und Zusammendrückung auch die Thermometer in den einzelnen uftmassen sämmtlich sich so weit erheben sehen würde, daß sie diejenige emperatur zeigten, welche die ursprünglich unterste Schicht der Atmosphäre at, 30 Grad.

Die Thatsache ist nicht zu läugnen und daß die Wärmecapacität, d. h. e Fähigkeit, sich mit zugetheilter Wärme zu beladen und sie auf diese Weise unfühlbar für das Thermometer zu machen, bei demselben Körper n verdichteten Zustande geringer sei als im ausgedehnten, dies ist eben so eine hatsache. Aber auf Beides gestützt, können wir demnach keine Vorausestimmungen über die Temperaturen in verschiedenen Höhen machen und üssen uns lediglich auf die Beobachtung verlassen und diese giebt uns für ie Abnahme der Wärme durch senkrechtes Ansteigen sehr verschiedene Data. Humboldt fand in Mexico, daß die Wärme an der Meeresküste bis zur Höhe von 12,000 Fuß regelmäßig um 20 Grad abnehme, das beträgt 1 Grad auf 600 Fuß; er fand, daß die Temperatur der Aequatorialregion bis auf 10,000 Fuß um eben dasselbe abnahm, d. h. für 500 Fuß Anteigung 1 Grad Verlust. Gay Lussac stieg in einem Luftballon bis zu der noch von keinem Menschen vor ihm und nach ihm erreichten Höhe von 22,000 Fuß auf und fand dabei in mittlerer Höhe eine Abnahme von 1 Grad auf 530 Fuß.

Clayton in Cincinnati (Nordamerika, Ohiostaat) hat eine zweimalige Luftreise unternommen und behauptet dabei 17,000 Fuß hoch gestiegen zu sein. Dies ist schon eine Lüge, denn mit Leuchtgas, welches kaum 2 Mal leichter ist als atmosphärische Luft, steigt man nicht bis in eine Region, in der die Luft selbst nur die Hälfte ihrer Dichtigkeit hat; aber daß die Temperatur Anfangs bei je 300, dann bei 450 Fuß, zuletzt aber erst bei 900 Fuß um 1 Grad an Temperatur verliere, ist eine von jenen gewissenlosen Aufschneidereien, in denen sich die Amerikaner ihren ungebildeten Landsleuten gegenüber sehr gefallen, und kann uns also keinen Anhaltepunkt geben, ist auch nur angeführt worden, um zu zeigen, wie man durch einen einfachen Schluß hinter die Windbeutelei kommen kann.

In der Schweiz machten Horner und Eschmann Untersuchungen über diesen Gegenstand, aus welchen sich ergab, daß die Abnahme der Temperatur um 1 Grad erfolge: um 5 Uhr Nachmittags bei 570, um 3 Uhr bei 582, um Mittag bei 650, um Mitternacht bei 660, um 3 Uhr Morgens bei 720 und um 6 Uhr Morgens bei 785 Fuß.

Einflüsse der Tageszeit.

Dies waren die ersten gründlichen Studien zu der Lehre vo Wärmeabnahme durch die Höhe. Es hat sich bis auf die neueste bestätigt, daß die Tagesstunden und der Temperaturzustand im Allgen auf diese Temperaturabnahme von größtem Einfluß sind. Am Brocke im Sommer, in welcher Jahreszeit er allein bestiegen wird, verliert um 2 Uhr Mittags 1 Grad bei einer Erhebung um 350 Fuß, um bei 380, um 6 Uhr bei 390, um 8 Uhr bei 474, um 10 Uh 552 Fuß.

Im Verfolg dieser Untersuchungen hat man gefunden, daß man 1 Temperatur verliert, um 12 Uhr Mittags bei 400, um 10 Uhr Vorm bei 540, um 8 Uhr bei 834, um 6 Uhr Morgens aber erst bei ein hebung um 1074 Fuß, dergestalt also, daß man Nachmittags 2 Uhr eine 15 Grad niedrigere Temperatur hat als im Thale, dagegen di 6 Uhr Morgens nur 4½ Grad beträgt.

Die Temperaturverminderung bei größer werdender Erhebung üb Meeresfläche rührt also nicht von verminderter Kraft der Sonne her, s von einer besonderen Eigenschaft des Medjums, der Luft, durch welch Sonnenstrahlen streichen. Die Luft ist in höheren Regionen viel dur tiger, nicht mit Dämpfen, Staub, Rauch, Ausdünstungen aller A schwängert, oder ist es doch viel weniger als in der Tiefe; sie ist de frei von allen diesen Substanzen, viel weniger fähig das Licht zu zer wodurch allein die ihr innewohnende Wärme thätig hervortreten kann der Nähe der Erdfläche und in der Höhe des Meeresspiegels oder n weniges höher, geschieht eine solche Zersetzung des Lichtes durch den K den wir Luft nennen, in einem viel höheren Grade, daher ist auch i cher Region die durchwärmbare Luft von einer viel höheren Temp Wäre die Hülle der Erde nicht elastisch, wie es die Luft ist, und wär Hülle überall gleich dicht, so würde ein Höhenunterschied von 18—20,00 gar keinen Temperaturunterschied mit sich führen, die Verdünnung allei eine solche hervor.

Die Nacht aber trägt als Factor zu diesem Exempel, weil ihre heit von der Durchsichtigkeit der Luft abhängig, ein Wesentliches be stimmt, um wie viel die Temperatur der Luft durch die Ausstrahlun niedrigt wird. Besonders in den mittäglichen Regionen bringt diese strahlung auffallende Erscheinungen hervor. Zur Ergänzung des darüber Gesagten, möge noch das Folgende hier Platz haben.

Zwischen den Wendekreisen ist, mit Ausnahme der Regenzeit, die Luft
mer klar, es findet also eine mächtige Erwärmung durch die Sonne statt,
e Temperatur des Tages ist beinahe das ganze Jahr hindurch 32, 30,
enigstens 28 Grad; aber dort, wo diese hohen mittlern Temperaturen
rrschen (im Sonnenschein steigt die Temperatur auf 45 Grad) und die
egenzeit nur einen geringen Unterschied macht, wird die Nacht-Tempe-
tur durch Ausstrahlung gegen den blauen Himmel so sehr herab gedrückt,
ß sie nur 22 Grad beträgt. Ein Unterschied von 10 Grad zwischen
ag und Nacht kommt während des Sommers bei uns nur in ganz seltenen
snahmefällen vor.

In Carracas steigt die Schattentemperatur am Tage bis auf 24 Grad
d sinkt in der Nacht bis auf 12 Grad. Man nimmt schon hier den
terschied wahr, den die Erhebung auf die Durchsichtigkeit der Luft und
f die Temperaturabnahme ausübt (Carracas liegt mehr als 2000 Fuß
er dem Meere) und dieser Unterschied stellt sich immer mehr heraus, je
her wir ansteigen. In Santa Fé de Bogota beträgt die Tages-Temperatur
3 Grad, die Temperatur der Nacht sinkt nicht selten auf 4 Grad herab
d bedingt einen Unterschied von 14 Grad.

Quito, welches 9000 Fuß über dem Meere liegt, erduldet vollends
en Unterschied von 16 Grad, denn seine Temperatur beträgt gewöhnlich
er doch mehrentheils 22 Grad, wie es Palmen und Cactus, welche dort
rrlich gedeihen, nicht anders verlangen; allein die Temperatur der Nacht
kt bis auf 6 Grad herab, dies beträgt einen Unterschied von 16 Grad
ischen Tag und Nacht. Dafür hat der Himmel dort auch eine Bläue,
elche das Cyanometer, der Luftbläuemesser, kaum mehr angiebt, wogegen
s schönste Ultramarin hell erscheint, ein Blau, welches während der stern-
aren Nacht zu einem vollständigen Schwarz wird.

Humboldt führt ein merkwürdiges Beispiel von dieser gewaltigen
usstrahlung an. Das herrliche Plateau von Caxamarca, in Peru gelegen,
784 Fuß über dem Meere, eben wie ein Spiegel, umgeben von einem
ranze hoher, aber noch ganz schneefreier Berge, hat eine mittlere Tem-
eratur von 18 Grad, also viel mehr als der Nordrand von Afrika. Es
ägt der Weizen das 28., die Gerste das 60. Korn, aber der Weizen er-
riert nicht selten, denn während das Thermometer am Tage auf 25 bis
26 Grad steigt, sinkt es während der Nacht und bis Sonnenaufgang auf
3 Grad herab, das beträgt einen Unterschied von 17—18 Grad zwischen
Tag und Nacht. Dies ist in den niederen Regionen etwas ganz Unerhörtes
nd hat seinen Grund lediglich in der Durchsichtigkeit der Luft.

Lage der Schneegrenze.

Wir sehen an diesem Beispiele, daß ein Aufsteigen in der Atmosphäre stets mit Abnahme der Temperatur verbunden ist; wenn wir demnach weiter steigen, so werden wir eine Region erreichen, in welcher die mittlere Temperatur nicht blos 0 Grad ist, sondern in welcher auch der Sommer so geringfügige Wärme mit sich bringt, daß er überhaupt den Schnee gar nicht mehr schmilzt. Eine solche Gegend findet sich in jedem Hochgebirge und die Region, in welcher sie anfängt, heißt die Schneegrenze. Es ist durchaus nicht diejenige, in welcher die mittlere Temperatur = 0 Grad ist, eine solche, ja eine noch viel niedrigere (— 5 bis — 10 Grad) kann noch einen so wirkungsreichen Sommer haben, daß er die Fesseln des ewig gefrornen Bodens bis auf die Tiefe von 3 Fuß löst, nicht blos den Schnee von der Oberfläche wegschmilzt und eine schöne Vegetation weckt, Garten und Feldfrüchte zur Reife bringt, sondern es ist diejenige Gegend, in welcher vielleicht der Winter nicht viel kälter als der Sommer ist, aber die Sonne so machtlos wird, daß sie ein Schmelzen des Schnee's nicht bewerkstelligen kann.

Es gehört hierzu immer eine Erhebung über den Boden, zwar an manchen Stellen eine nur sehr geringe, doch giebt es kein Land auf der Erde, wo die Schneegrenze an der Meeresfläche anfinge; selbst das Südpolarland, obwohl es einen sehr schlechten Sommer hat, zeigt doch an überhängenden Felsen riesige Eiszapfen, stark genug, um das Verdeck eines Schiffes zu durchschlagen, wenn sie unglücklicher Weise darauf fallen sollten; diese Eiszapfen sind ein Produkt der Schmelzung des Schnee's oder Eises durch die Sonne. Allein die Polargegenden sind diejenigen, in denen sich die Schneegrenze dem Niveau des Meeres am mehrsten nähert.

Ein Verhältniß, das stätig wäre, ist nicht zu ermitteln, es sind eine gar zu große Menge von unregelmäßig wiederkehrenden Ursachen vorhanden, welche auf den Stand der Temperatur Einfluß haben. Wollte man sagen, jede Meile Entfernung vom Aequator entspricht hinsichtlich der Wärmeabnahme einer senkrechten Erhebung von 14 Fuß, so könnte man bezweifeln, daß Derjenige, der diesen Satz aufstellt, vollkommen zurechnungsfähig sei. Geht man aber auf das große Ganze ein, so hat die Sache vollkommen ihre Richtigkeit. Unter dem Aequator muß man 14,000 Fuß steigen um an die Schneegrenze zu gelangen, vom Aequator ausgehend auf ebener Erde, muß man 1000 Meilen nach den Nordpolgegenden wandern, ehe man die Schneegrenze sich dem Meere so weit nähern sieht, daß sie ungefähr im Meeresniveau angenommen werden kann — 1000 Meilen zu 14,000 Fuß,

t ganz genau daſſelbe wie 1 Meile zu 14 Fuß. Und obwohl eine Meile
› wenig einen irgend wie bemerkbaren Unterſchied macht, einen Unterſchied,
n auch nur ein Differentialthermometer anzugeben vermöchte, ſo ſind die
000 Meilen doch aus lauter einzelnen zuſammengeſetzt, und ſo wenig es
rch Beobachtungen nachweisbar iſt, daß eine Erhebung von 14 Fuß eine
emperaturdifferenz hervorbringe und brächte man zu dieſen Beobachtungen
elloni's Talent mit, ſo iſt doch die Höhe von 1400 Fuß ſchon genü-
nd, einen Temperaturunterſchied von 2 Grad wenigſtens nachzuweiſen
d die 1400 wie die 14,000 Fuß, welche bis zur Schneegrenze unter dem
equator zurückgelegt werden müſſen, ſind aus 100 mal oder 1000 mal
1 Fuß zuſammengeſetzt.

Je weiter ab vom Aequator der Reiſende wandelt, deſto niedriger
egt die Schneegrenze, allein dieſes Niedrigerliegen iſt auch nicht der Ent-
rnung vom Aequator proportional; nehmen wir an, die Schneegrenze er-
iche die Erdfläche bei 80 Grad, ſo müßte unter dem 40. Grade die
chneegrenze 7000 Fuß hoch ſein, ſie iſt aber unter dem 45. und 46. Grade
ch über 8000 Fuß hoch. Sie bleibt in den tropiſchen Regionen ſehr weit
rdlich und ſüdlich vom Aequator bis ungefähr zu den Wendekreiſen auf
mlich gleicher Höhe und fängt erſt von da an niederzuſteigen; ſie nähert
h dem regelmäßigen Gange in den Polarzonen ſchon viel mehr, erreicht
en vollkommen regelmäßigen Verlauf aber auch dort nicht, denn die
chneegrenze, welche unter dem 60. Grade 3500 Fuß hoch liegen müßte,
rd erſt mit 4000 Fuß ſenkrechter Erhebung erreicht und am Nordcap
ter dem 77. Grade, wo ſie kaum noch 1300 Fuß haben ſollte, hat ſie
lle 2000 Fuß.

Unregelmäßiger Verlauf.

Aber auch in der Nähe der tropiſchen Zone verläuft die Schneegrenze
rchaus nicht regelmäßig, ſelbſt nicht in der Art, daß ſie, wie wenig es
ch ſei, nur wirklich niedriger würde, mit der Entfernung vom Aequator
s Gegentheil ſind bedeutende Abweichungen nicht zu verkennen. Das Auf-
llendſte, was die phyſiſche Geographie hier nachzuweiſen vermag, iſt das
erhältniß der Schneegrenze am Himalaya-Gebirge, welches erſt durch die
neſten Reiſen in jenen Gegenden bekannt geworden iſt.

Einem Jeden, der nur einigermaßen mit den Naturgeſetzen vertraut iſt,
llt (wenn er jene Gegenden beſucht) auf, daß die Schneegrenze an dem
imalaya-Gebirge eine faſt ſichtlich von Norden nach Süden geneigte Linie
det. Der Unterſchied zwiſchen dem ewigen Schnee am Nordrande des

Gebirges und dem am Südrande beträgt 3400 Fuß in entgegengesetzter Abdachung, als man erwarten sollte.

Wenn man nach dem Grunde dieser wunderbaren Erscheinung forscht, warum unter dem 27. Grade nördlicher Breite die Schneegrenze auf hunderte von Meilen bei 12,000 Fuß beginnt und unter dem 30. bis 31. Grade erst bei 15,000 und mehr, so findet man allerdings eine ziemlich nahe liegende Erklärung: der Südabhang des Gebirges steigt in seiner ganzen ungeheuren Höhe aus dem vorliegenden Tieflande der Ganges, des Indus empor, indeß im Norden ein 6- bis 10,000 Fuß hohes Vorland an die Gebirge herantritt.

Diese weiten, wasserreichen Ebenen Indiens, hunderttausende von Quadratmeilen umfassend, senden eine solche Fülle von Ausdünstungen empor, daß jeder Luftzug dem Hochgebirge breite Ströme davon zuführt. Die Rückstrahlung der Wärme aus den Ebenen ist nicht so wirkungsreich, als sie bei der südlichen Lage der Länder sein könnte, weil zuvörderst eine mehr als ½ Meile hohe Luftschicht, die compacteste, die zunächst der Erde gelegen, welche die volle Hälfte der Gesammtmasse unserer Atmosphäre umfaßt, durchschritten werden muß, wobei von der dickeren Luft so viel verbraucht, aufgehalten wird, daß nach den oberen Regionen (zu der ohnedies größeren Wärmemenge bedürftigen Luft) nur ein geringer Antheil gelangt.

Was an Feuchtigkeit dort oben von den Gebirgen sich ablagert, das wird nicht Regen, sondern Schnee und dieser wird nicht geschmolzen durch einen Sommer, der nur um weniges wärmer ist als der Winter, der in den unteren Schichten als Regenzeit auftrat und hier oben Schnee ablagerte.

Vergleicht man nun die Höhe des Nordabhanges mit der des Südabhanges, so ist die erstere beinahe unbedeutend im Vergleich mit der letzteren. Betrachtet man das Gebirge aus den Thälern des Bramputer oder des Indus, so sieht man eine Reihe von meilenhohen Colossen vor sich, betrachtet man es von den Hochebenen im Innern von Asien, so glaubt man gar nicht, daß es dasselbe Gebirge sei, denn es macht kaum mehr den Eindruck unserer Alpen. Die Hochebenen des ganzen asiatischen Tafellandes schichten sich vom Baikal und dem Aralsee an terrassenförmig über einander in einer Ausdehnung von mehr als 300,000 Quadratmeilen und erlangen in der Nähe des Himalaya selbst Gebirgshöhe. Auf den tybetanischen Ebenen, diese Colosse vor sich habend, steht man in Alpenhöhe auf einem Plateau von 10- bis 12,000 Fuß, aber man befindet sich hier noch weit unter der Schneegrenze. Der Paß von Niti, ein Thal 15,780 Fuß über dem Meere gelegen, ist mit dem reichsten Pflanzenschmucke bedeckt, Pappeln

wie wir dieselben in unsern Gegenden gar nicht zu sehen bekommen, fein gefiederte Tamarisken, zieren die Abhänge, die Thalfläche wird von üppigen Getreidefeldern bedeckt.

Die mächtige Erhebung des Bodens, der von einer noch beinahe tropischen Sonne durchwärmt wird, übt diesen bedeutenden Einfluß auf die Schneegrenze, welche hier um 3400 Fuß höher liegt als auf dem Südabhange. Außer dem bis auf die halbe Höhe des Gebirges stattfindenden Hervortreten des Tafellandes, das seine Rückstrahlung in einer Höhe beginnt, auf welcher jenseits des Gebirges bereits die Schneelinie ausgebreitet ist (daher eine viel mächtigere Wirkung möglich, weil die zu durchstrahlende Luft viel weniger Hinderniß in den Weg legt), ist noch ein anderer Grund vorhanden in der ungetrübten Reinheit der Luft, der Heiterkeit des stets unbewölkten Himmels, daher auch die ungemeine Trockenheit und der Wüstencharakter jener Gegenden, welche nur in der Nähe des Gebirges und von diesen bethaut und genährt, fruchtbare Länder, nicht mehr Steppen sind. Wo nun aber keine Feuchtigkeit sich niederschlagen kann, da kann es auch nur wenig Schnee geben und dieser, so weit er auf dem nördlichen Abhange des Gebirges liegt, scheint fast nur von den mit Südwinden heraufgeführten Massen der Meeresfeuchtigkeit herzurühren.

Auch in der weiteren Erstreckung der gemäßigten Zone finden wir ähnliche von der Regel abweichende Neigungen der Schneegrenze. So ist am Ararat, welcher um 20 Grad weiter nördlich liegt als die Gebirge von Anahuak in Mexico, die Schneegrenze nur um 800 Fuß niedriger, nämlich sie liegt bei 13,300 Fuß, indeß die von Mexico 14,100 Fuß hoch liegt. Es findet hier ein ähnliches Verhältniß wie bei dem Himalaya-Gebirge statt: der Ararat erhebt sich aus dem sehr heißen Armenien ganz vereinzelt, seine beeiste Spitze ist unter dem Namen des heiligen Berges (auf welchem man noch jetzt die Arche unter ewigem Schnee vergraben ruhend glaubt), weithin sichtbar, von dem sehr heißen Lande steigen immerfort Luftströme auf, welche das Haupt des Ararat umspielen und den Schnee viel weiter hinauf schmelzen als sie könnten, wenn ein breiter, meilenweit von Gletschern umlagerter Alpenstock sich daselbst ausdehnte.

Breite und Höhe.

Wie wir bereits gesehen haben, so gehen geographische Breite und senkrechte Höhe in einem gewissen Sinne parallel mit einander, indem je weiter nach beiden hinauf, desto kälter es wird, und auch in der Vegetation spricht sich dieses aus, man erreicht unter dem Aequator, an den Bergen

emporsteigend, nach und nach Pflanzenformen, welche wirklich den gemäßigten und zuletzt der kalten Zone entweder vollkommen entsp oder welche gar dieselben sind wie dort. Humboldt selbst sagt: „s man unter dem Aequator ansteigend in wenig Stunden alle die S durchmachen und alle die ihnen entsprechenden Pflanzenformen sehen, auf der Erde nordwärts oder südwärts in der Richtung des Me gehend, man erst nach 1000 zurückgelegten Meilen erblicken würde"; wenn auch diese Thatsache vollkommen wahr ist, möge man doch glauben, daß nun auch dasselbe Klima wirklich so gefunden würde, bei entsprechender mittlerer Temperatur an der Fläche der Erde stat Die hochgelegenen tropischen Orte haben eine ausgeglichene Temp die polwärts gelegenen eine extreme, d. h. die mittlere Temperatu beiden als gleich temperirt bezeichneten Orte, rührt bei den hochgel daher, daß ihr Winter nicht streng ist, dagegen auch ihr Sommer warm, umgekehrt rührt die gleiche mittlere Temperatur so weit nor gelegener Gegenden daher, daß sie bei einem zwar furchtbar strengen doch auch einen sehr heißen Sommer haben.

Als Beispiel möge hier die Temperatur des St. Bernhard un verwandte in Nordasien folgen.

Das Hospiz auf dem gedachten Passe durch die Schweiz nach liegt 7668 Fuß über der Meeresfläche, seine mittlere Temperatur ist — 1 es hat während des Winters nicht selten eine Kälte von 19 Grad tragen und sein Sommer bringt ihm kaum 14 Grad.

Zu Nischnei Taguilsk in Sibirien unter dem 58. Grad nördlicher findet man nahezu dieselbe mittlere Temperatur, sie beträgt $^{7}/_{10}$ unter 0. Die Winter stellen das Thermometer Monate lang Gebrauch, wenn es Quecksilber enthält, denn dieses gefriert, — 29 mittlere Temperatur der Wintermonate. Dagegen erhält durch die Dauer der Sommertage die Sonne dort eine solche Wirkung, daß di eine wahrhaft tropische wird, sie steigt auf mehr als 30 Grad im S und so haben die Hospitaliten auf dem Bernhard und dem beinah so gelegenen Gotthard wohl Recht, die Lappländer und die Bewohn Sibirien zu beneiden, wie Erman d. ä. mit viel Laune erzählte.

In Folge dieser Unterschiede, bei einer sonst gleichen mittleren T ratur, ist natürlich auch die Vegetation, welche ganz von der Sonnen abhängt, eine sehr verschiedene; darum ist auch die Erde viel weite dem Norden zu bewohnbar, als sie der Höhe nach bewohnbar ist, man die mittlere Temperatur als maßgebend und die Schneegrenze a Grenze der Bewohnbarkeit ansehen will. Für die höchsten bewohnten

ten ehemals die Meierei am Antisana in Quito und das weite Thal
n Titicaca, welches Städte und Dörfer umschließt, die nicht eben mit
th zu kämpfen haben, wenn schon manche Bedürfnisse, wie Holz und
hnliches, weit hergeholt werden müssen und deshalb theuer sind. Noch
her ist indeß der bereits berührte Paß von Niti im Himalaya-Gebirge
d seine Bewohnbarkeit ist noch größer als die des Titicacathales, denn
ßer den üppigsten Kornfeldern, welche man daselbst findet, stehen auch
chtige Bäume auf dieser Höhe, welche jenem Andesthale gänzlich fehlen.

Bedeckung der Thiere.

Jedes Thier hat seinen ihm angewiesenen Temperaturbezirk und ist
nach gebildet und gekleidet; der Seehund, der Wallfisch in ungeheure Speck-
ssen, Wolf, Bär, Zobel, Fuchs in einen kostbaren Pelz, den man ihnen
gen gegossenes Blei in Pillenform abhandelt, der Elephant, das Rhino-
os, das Nilpferd sind ganz nackt, die Giraffe, die Gazelle, der Tiger
ben ein kurzes, sehr glatt anliegendes Haar, und was in den gemäßigten
nen wohnt, ist je nach der mehr oder minderen Wärme seines Wohnortes
ser oder schlechter, aber immer zweckgemäß bedeckt, der Bär und das
rmelthier der Alpen ganz anders als der Hamster der Ebene, ja es er-
ckt sich diese zweckmäßige Bekleidung bis auf die Hausthiere. Die Natur
rnimmt nichts Unnöthiges, die Arbeit, welche der Mensch für sie ver-
ptet, braucht sie nicht mehr zu verrichten, sie übernimmt dann auch nicht
mal den Versuch dazu. Das Pferd bekommt in unseren Gegenden für
: kalte Jahreszeit ein flockiges Winterkleid; der Reiter, welcher hieran
nen Gefallen und dies unschön findet, bedeckt das Thier während des
nzen Winters auch im Stalle, giebt ihm für Kopf, Hals, für den ganzen
rper ein wärmendes Gewand; nun bleibt das Fell glatt, es wird gar
n dickeres Pelzwerk erzeugt, dagegen der Hase, das Schaf im Winter
ch nicht friert, weil sie, täglich im Freien ohne Bedeckung, durch die Natur
:en wärmeren Rock erhalten.

Auch in der heißen Zone giebt es Thiere mit trefflichem Pelz, wie die
inchilla, allein nicht in den warmen Gegenden derselben, sondern auf den
chgebirgen; im Gegentheil verlieren Pelzthiere, welche durch den wander-
chtigen Menschen dahin versetzt werden, wie das Schaf, oder auch Vögel,
ie Gans, Ente ꝛc. ihr für den neuen Wohnort zu schweres, unzweckmäßiges
leid, das Schaf verliert die Wolle, das weiche Vließ und wird grobhaarig,
ie Gans behält nur die *harten Deckfedern* und verliert die Daunen; von

ſelbſt wandert auch kein Thier nach Gegenden hin, welche ihm nicht angemeſſen ſind.

Biegſamkeit der menſchlichen Natur.

Der Menſch allein iſt geeignet, jedem Klima ſich anzuſchließen, jeder Witterung Trotz zu bieten. Auf der Grenze der bewohnbaren Erde, im höchſten Norden, wohnen nur die Eskimos, Lappen und Samojeden, ein Menſchenſtamm (ob verwandt oder nicht, gleichviel), welcher faſt nur von thieriſcher Nahrung lebt, indem ſein Wohnplatz ihm keinen Spargel und keinen Blumenkohl für die Tafel liefert, Seehundſpeck und Fleiſch, Fiſche in getrocknetem, friſchem oder als beſondere Delicateſſe in halb verweſtem Zuſtande, ſind ſeine Nahrung. Dies iſt entſetzlich, ſagen wir vielleicht, allein dem Eskimo behagt das ſehr und unſer Leben findet er entſetzlich, arm an allen Genüſſen, die das Leben ſo reizend machen, wie das Trinken von Seehundsthran. Aber der Eskimo kann in Paris, in Rom oder in Kairo leben, kann geſund ſein und ſein gewöhnliches Alter erreichen.

Unter der tropiſchen Sonne des mittleren Afrika leben Negerſtämme, welche durch „die edelſte Nation", durch „das moraliſchſte Volk der Erde", durch „die alleinigen Retter und Bewahrer der Menſchenrechte und der Freiheit", durch die Nordamerikaner ſchockweiſe und hundertweiſe um ein Billiges eingekauft und in Nordamerika auf dem Menſchenmarkte des freien Landes mit einem mäßigen Profit von 4000 bis 6000 Procent verkauft werden.

Dieſe Neger leben nackt in ihren heißen Sümpfen, leben bekleidet in den Sümpfen der Luiſiana, in den Bergen von Carolina und Georgien und leben als Flüchtlinge in dem kalten Canada, ſo wie ſie in unſerm gemäßigten Klima als Bediente oder als Handwerker leben; die gänzlich veränderte Lebensweiſe, das total fremde Klima mit allen ſeinen Beſchwerden kann von ihnen überwunden werden.

Und der Deutſche, der Franzoſe, der Holländer, wo wäre er nicht zu finden? Wo es Erde giebt, um feſten Fuß darauf zu faſſen, da haben Engländer ihre Flagge im Namen der Königin Victoria oder des Königs Wilhelm, des Königs Georg aufgepflanzt, dort haben ſie Colonien angelegt, und wenn auf dem neu entdeckten Südpolarlande nur etwas anderes als 1000 Fuß dickes Eis zu finden wäre, ſo hätten ſie auch dort eine Colonie angelegt; Europäer findet man zum Unglück für die armen Urbewohner auf den Freundſchaftsinſeln wie auf Neuholland, in der Mitte von Südamerika wie in der Mitte von Hochaſien, auf dem unwirthbaren Kerguelens-

und und den Falklandsinseln wie auf Grönland und Kamtschatka, unter den schneidendsten Contrasten der Temperatur halten sie aus, Jahre lang, wie die Nordpolarreisenden in einer halbjährigen Nacht und einem halbjährigen Tage, halten sie aus bei einer Kälte von — 55 und bei einer Hitze von + 45 Grad, also in einem Temperaturunterschiede von vollen hundert Graden, eine wunderbare Fähigkeit sich den verschiedenen klimatischen Verhältnissen anzuschmiegen bekundend.

Vibrations-Theorie.

Wo er aber auch sei, der Mensch und seine beiden treuen Begleiter, der Hund und das Pferd, da befinden sie sich in einer Temperatur, welche durch die Sonne hervorgerufen und durch die anderen Verhältnisse nur modificirt ist, die Sonne also ist und bleibt die stärkste Quelle für die Wärme der Erde. Ob es für andere, fernere Planeten auch so sei, wissen wir allerdings nicht mit der Gewißheit, welche wünschenswerth wäre, allein wir haben doch einigen Anhalt zu der Vermuthung, daß es so sei, denn der Planet Mars, welcher schon außerhalb der Erdbahn kreist, zeigt, daß seine Pole sich mit Schnee bedecken, wenn sie von der Sonne abgekehrt sind, daß sie schneefrei werden, wenn sie der Sonne zugewendet stehen, da ist etwas, unserem Sommer und Winter, welche auch von dem Stande der Sonne abhängen, vollkommen Analoges. Das Wie der Erwärmung durch die Sonne, der Mechanismus dieses Effectes, wenn man so sagen darf, ist übrigens vollkommen unbekannt und es wird nur gemuthmaßt, daß er auf schnellem Erzittern der Körpertheile, auf Vibration beruhe und daß Schall, Wärme und Licht nur Modificationen derselben Thätigkeit seien. Wenigstens glaubt der Verfasser den geistreichen Dove so verstehen zu müssen. Dieser sagt in seiner Schrift über Wirkungen aus der Ferne:

„In der Mitte eines großen finsteren Zimmers mag sich ein Stab befinden, der in Schwingung versetzt ist und es soll zugleich eine Vorrichtung vorhanden sein, die Geschwindigkeit dieser Schwingungen fortwährend zu vermehren. Ich trete in dies Zimmer in dem Augenblicke, wo der Stab viermal in einer Secunde schwingt. Weder Auge noch Ohr sagt mir etwas von dem Vorhandensein dieses Stabes, nur die Hand, welche seine Schläge fühlt, indem sie ihn berührt. Aber die Schwingungen werden schneller, sie erreichen die Zahl 32 in der Secunde und ein tiefer Baßton schlägt an mein Ohr.

Der Ton erhöht sich fortwährend, er durchläuft alle Mittelstufen bis zum höchsten, schrillenden Ton, aber nun sinkt Alles in die vorige Grabes-

ſtille zurück. Noch voll Erſtaunen über das, was ich hörte, fühle ich plötzlich von der Stelle her, an welcher der Ton verhallte, eine angenehme Wärme ſich ſtrahlend verbreiten, ſo behaglich wie ſie ein Kaminfeuer ausſendet. Aber noch bleibt Alles dunkel; doch die Schwingungen werden ſchneller, ein ſchwaches, rothes Licht dämmert auf, es wird immer lebhafter, der Stab glüht roth, dann wird er gelb und durchläuft alle Farben, bis nach dem Violet Alles wieder in Nacht verſinkt. So ſpricht die Natur nach einander zu verſchiedenen Sinnen, zuerſt ein leiſes, nur aus unmittelbarer Nähe vernehmliches Wort, dann ruft ſie mir lauter aus immer weiterer Ferne zu, endlich erreicht mich durch Schwingen des Lichtes ihre Stimme aus unmeßbarer Weite.

Bei der weiten Kluft, welche die Schwingungen des Tones von denen trennt, welche die Netzhaut erregen, würde es unbillig ſein, von dem Phyſiker zu verlangen, daß er dieſe Reihe von Verſuchen mit demſelben Körper und mit denſelben Erregungsmitteln darſtelle. Selbſt Paganini würde in Verlegenheit gerathen, wenn man von ihm verlangte, auf der E-Saite ſo lange zu ſpielen, bis ſie leuchte; ich wende mich an einen größeren Virtuoſen, an das Johanniswürmchen, welches mir in der Hand ſtill fortglüht, wenn ich es aus dem thauigen Graſe aufgerafft, ich wende mich an die ſchäumende Meereswoge, wenn ſie brandend ihre leuchtenden Funken umherſpritzt."

Wellenlehre.

Was die eigentliche Identität der Wärme und der Lichtſtrahlen betrifft, ſo iſt ſie (die Identität, das Einerleiſein) wohl widerlegt, denn es läßt ſich durch Experimente nachweiſen, daß beide, Wärmeſtrahlen und Lichtſtrahlen neben einander, im Raum von einander geſchieden zu finden ſind, und daß es Körper giebt, welche Wärme durchlaſſen und Licht nicht, umgekehrt giebt es ſolche, welche Licht durchlaſſen und Wärme nicht. Allein da es thatſächlich iſt, daß die Sonne uns Licht- und Wärmeſtrahlen zuſendet (nicht daß wir das Licht in Wärme verwandeln), ſo fragt man mit Recht: wie geſchieht denn dies? werden wir mit dieſen feinen Lichttheilchen beſchoſſen wie mit Vogeldunſt (nur mit einer etwas feineren Materie) und wenn dies der Fall iſt, wie kommt es, daß die Erde durch den Gewinn nicht größer, die Sonne durch den unendlich großen Verluſt nicht kleiner wird?

Da erwiedert die Phyſik: zwiſchen den Weltkörpern befindet ſich ein äußerſt feiner Stoff, der Aether, deſſen Exiſtenz auch an der Verkleinerung der Kometenbahnen erwieſen worden iſt. Die Sonne, dieſe unſere mächtigſte Wärmequelle, ſendet nicht Strahlen zu uns, ſie erſchüttert nur dieſen

Aether und dessen Wellen schlagen nach 8 Minuten an unsere Hautoberfläche und setzen diese in ähnliche Schwingungen, wodurch sie erwärmt wird und leuchtet, d. h. sichtbar wird.

Dabei bewegen sich die Theile des Aethers so wenig von der Sonne zu uns, als die Lufttheile, welche von der tönenden Glocke oder der schwingenden Saite ausgehen und zu uns gelangen, oder die Theile des Wassers, welche den Weg der durch einen Steinwurf erregten Wellen mitmachen. Daß die Luft den Schall fortpflanzt, kann man durch Experimente nachweisen, die Luftsäule zwischen dem Violinspieler und einem Trommelfell wird so oft zusammengedrückt und ausgedehnt, als die Saite schwingt, und wo man die Schallwellen zusammenhalten kann, da geschieht dies auf eine solche Weise, daß die Schwingungen sich meilenweit fortpflanzen, und man am Ende der Wasserleitung von Marly, unfern Paris, das leiseste Geflüster eines Sprechenden und das Ticken einer Uhr vernimmt; allein durch die so hörbar bewegte Luft geschieht nichts Fühlbares und die zarteste Flaumfeder wird nicht bewegt, es sei denn, daß man einen Pistolenschuß in die Röhre thut, dann ist es aber nicht der Schall, sondern die durch die Explosion erzeugte Gasmenge, welche den Stoß ausübt.

Auf einem großen ruhigen See errege man durch einen weit nach dessen Mitte geworfenen Stein die bekannte Erscheinung der Wellenkreise. Man wird die Wellen von der Mitte her anschwellen, in immer größeren Ringen den See überlaufen, man wird endlich die Wellen an das Ufer schlagen sehen und es unterliegt keinem Zweifel, daß man bei einiger Aufmerksamkeit diese Erscheinung verfolgen könne, so weit dies die mehr oder minder beschränkte Ausdehnung der Wasserfläche irgend gestattet; allein wie weit die Wellen auch gehen, das Wasser geht nicht mit, es steigt und sinkt auf derselben Stelle, aber es schreitet nicht fort, wie man sehr deutlich an einem Span oder irgend einem andern leichten und schwimmenden Gegenstande wahrnehmen kann.

In derselben Weise sind nun die Wellen des Aethers zu nehmen, Licht und Wärme setzen denselben in Schwingung, die Schwingung pflanzt sich fort, bei dem Wasser in einer Secunde durch 10 — 15 Fuß, beim Schall in einer Secunde um 1010—1050 Fuß, beim Aether um 41,000 Meilen in einer Secunde.

Dies sind Thatsachen. Man kann das nicht begreifen! Was schadet denn dies der Möglichkeit, ist denn nur das möglich, was wir begreifen können? O Himmel, wie beschränkt wäre dann die Welt und Alles, was darin erscheint. Wer kann denn begreifen, wie aus dem Samenkorn eine Pflanze wird, welche Blüthen und Früchte trägt? Wer kann denn

begreifen, wie ein Kind aus Wasser und Zwieback Blut und Fleisch f
cirt? Wer kann begreifen, wie dadurch, daß eine Kuh Gras frißt
Geheimerath Sahne zu seinem Kaffee bekommt?

„Nur muß man sich nicht all zu ängstlich quälen,
Denn eben wo Begriffe fehlen,
Da stellt zur rechten Zeit ein Wort sich ein!"

sagt Mephisto zu dem Schüler.

Wärmeausstrahlung.

Der bekannte Gelehrte, Professor Munke in Heidelberg (seit ei
Jahren todt) konnte das auch nicht begreifen und eiferte darum gege
Ansicht, er gesteht jedoch auch ehrlich genug ein, daß er keine besse
geben wisse; er hat auch überhaupt nur Bedenken gegen die Erwär
der Erde durch die Sonne, er meint, dadurch müsse sie nach und
heißer werden und sich stärker ausdehnen, also dann auch langsame
in ihrer Axe drehen. Eine solche Vermehrung der Wärme ist aber
unzulässig, da wir 3000jährige Beobachtungen über die sich gleich blei
Tageslänge haben „und wir können daher auch nicht annehmen, daß W
der Erde durch die Sonnenstrahlen zugeführt werde, da wir nicht
sehen vermögen, wie sie zu ihrer Quelle zurückkehren könnte." Dies
ein Professor der Physik wohl nicht sagen, erstens ist da das „nich
greifen können" wieder als Argument gegen die Möglichkeit aufge
zweitens ist hier die Emanationstheorie mit der Vibrationstheorie vollst
verwechselt, diejenige, nach welcher das Licht als Masse, als Substan
von der Sonne zugesendet wird (Emanationslehre, nach welcher die S
giebt, die Erde empfängt, also freilich die eine kleiner werden muß
ihren Verlust, die andere größer durch das Empfangene, an welche,
Newton aufgestellte Lehre seit 30 Jahren kein Mensch mehr denkt)
derjenigen, da die Sonne nur den Anstoß zu den Lichtwellen giebt, w
Glocke zu den Schallwellen. Die Glocke wird dadurch, daß tausend
Menschen sie tausende von Jahren klingen hören, auch nicht kleiner.

Munke begreift auch nicht, wie die erregte Wärme während der
und während des Winters entweichen könne von der Erde, er nennt
Annahme eine Täuschung, die in lobenswerth auf dem Wechsel der Tempera

Pferde dadurch, daß er es nun einmal nicht begreift, es geschieht doch. Die Vibrationstheorie ist aber gerade so gut wie der Verlust der Erdwärme durch Strahlung eine Thatsache geworden, welche durch höchst interessante Experimente vollständig nachgewiesen werden kann, und diese Strahlung ist kein Austausch der Wärme eines Landes gegen die Wärme eines andern, wie z. B. mit Luftströmungen, die wir Winde nennen, ein solcher Austausch stattfindet, sondern es ist das Abgeben (also Verlieren) der Wärme der Erde an den weiten Himmelsraum, es ist derselbe Vorgang alle Nacht im Kleinen und für den Winter jeder Erdhälfte im Großen, es ist derselbe Vorgang, welcher die Erde von der Schmelzhitze bis zur Bewohnbarkeit ihrer Oberfläche abgekühlt hat, welcher jetzt nur langsamer vor sich geht als früher (wo die Temperatur viel höher war, eine 1000 Grad heiße Kugel verliert in einer Stunde viel mehr Wärme als eine 100 Grad heiße Kugel von derselben Größe in derselben Zeit), welche indessen doch so weit gedrungen ist, daß wir eine feste Erdschicht von 20 bis 50 Meilen Dicke bewohnen.

Temperatur der Tiefe.

Es sind allerdings auch hiergegen Einwendungen gemacht, doch auch diese sind siegreich aus dem Felde zu schlagen. Man weiß durch Versuche, welche in dem ewig gefrornen Boden Sibiriens wie in dem nie gefrornen Boden des südlichen China, man weiß aus Versuchen, in Deutschland, in Frankreich, im Ohiostaat und in Mexico gemacht, daß die Temperatur der Erdrinde bis zur Tiefe von 80 bis 90 Fuß genau gleich ist der mittleren Temperatur des Landes, man weiß, daß von da abwärts der Boden bei je 100 Fuß um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers wärmer wird und zwar sowohl bei Minden in Preußen, woselbst der tiefste artesische Brunnen erbohrt worden, als bei Irkutzk, wo man auch gegen 800 Fuß in den Boden gedrungen ist. An der Oberfläche hat der eisige Boden die mittlere Temperatur des Jahres, im Winter ist derselbe — 24 Grad, bei 100 Fuß nur noch 23, bei 400 Fuß nur noch 20 und bei 800 Fuß nur noch 16 Grad.

Würde man dort 2400 Fuß abwärts kommen, so würde man zu 0 und dann zu + 1 Grad ꝛc. gelangen, gerade wie man bei Minden von + 9 zu + 32 Grad gelangte.

Nun sagen die Ungläubigen unter den Gelehrten: es kann nicht so fort gehen, sonst müßte bei 7 oder 8 Meilen die Glühhitze, weiter abwärts die Schmelzhitze gefunden werden und das wäre unbegreiflich — es könnte

also nicht sein. Noch weniger könnte man dies aufrecht halten, wenn man nun noch weiter abwärts stiege zu Schichten, in denen es nothwendiger Weise so heiß sein müßte, daß die geschmolzenen Gesteine und Metalle daselbst verdampften und dies würde zur Zertrümmerung der Erde führen.

Zuerst giebt es in der Physik keinen Glauben, sondern ein Wissen oder Nichtwissen. Glaube ist Sache der Religion, ich glaube an Gott, weil ich nicht einen physikalischen Beweis seines Daseins verlangen kann, weil ich ein Narr wäre, wenn ich es verlangte. Allein ob die Planeten Weltkörper sind oder blanke Nägel am Himmelszelt, ob die Erde ein solcher Planet ist oder nicht, dies will ich nicht glauben, sondern wissen, und Sachs, dessen wunderliche Theorie von der Bewegung der Erde Enke nach vielen vergeblichen Bemühungen, den alten Mann von der Irrigkeit seiner Ansichten zu überzeugen, damit beseitigen wollte, daß er sagte: „glauben Sie mir, es ist so", wie wir gewohnt sind, die Sache anzuschauen, hatte ganz Recht als er erwiederte: „was geht mich Ihre Ansicht an, ich erkenne keine Autorität, ich will nicht glauben, ich will wissen, überzeugen Sie mich, aber fordern Sie nicht meinen Glauben auf!"

Dies ist also ein Argument, welches nicht zieht! Ferner sagen sie: Glühhitze bei 7 bis 8 Meilen Tiefe, das kann nicht sein, das können wir nicht begreifen. Dies ist der schon einmal bestrittene schwache Punkt — begreifen? das ist gar nicht nöthig, es kann deswegen doch sein — aber endlich die Hitze steigt so hoch, daß die Steine und Metalle dort verdampfen und den Erdkörper zersprengen? Auch solch eine Einwendung sollte kein Physiker machen, und wer sie macht, ist auch kein Physiker, kein Naturkundiger, wenn er auch ein sehr alter Professor der Physik ist. Solche Einwendung sollte er nicht machen, wenn er nicht den Beweis führen will, daß man sein Lehrgeld und seine Gebühren für den Meisterbrief und die Aufnahme unter die Zünftigen indebite erhoben habe, was ihn berechtigen würde, sich dasselbe wiedergeben zu lassen.

Ein Physiker kann die obige Einwendung nicht machen, denn er muß wissen, daß schon Wasser an der Oberfläche, an der freien Luft lediglich unter dem verschiedenen Druck der Atmosphäre, bei verschiedenen Graden kocht, daß man es in seiner Gewalt hat, die Siedehitze zu steigern bis auf 200 bis 300 Grad, lediglich durch den Druck, den man darauf ausübt, indem man die sich entwickelnden Dämpfe hindert zu entweichen daß man endlich einen Körper, der so leicht verdampft wie das Wasser und dessen Dämpfe so ungeheure Spannkraft haben, daß sie das stärkste Schmiedeeisen zersplittern wie Glasscherben, an der Verdampfung gänzlich *hindern*, daß man ihn zum Glühen bringen kann.

Immer höher steigende Temperatur.

Nun aber findet im Innern der Erde ein ungeheuerer Druck ſtatt, ein Druck, welcher bei einer mittleren Dichtigkeit der Erde von 4½ (d. h. ſo viel ſchwerer als Waſſer) bei je 7 Fuß Tiefe einer Atmoſphäre gleich kommt; wir wollen aber den Erdkörper gar nicht ſchwerer als Waſſer und ihn auch gar nicht ſchwerer in's Sieden zu bringen annehmen und werden doch zeigen, daß das Innere der Erde durchaus nicht bis zum Kochen und dadurch möglicher Weiſe bis zum Verdampfen erhitzt werden könne, wenn die Hitze auch viele Millionen Grade betragen ſollte.

Die Hitze, bei welcher Waſſer ſiedet, beträgt unter den gewöhnlichen Umſtänden 100 Grade. Bei einem Druck von einer zweiten Atmoſphäre, der bei 32 Fuß Waſſerhöhe eintreten würde, kocht das Waſſer erſt bei 112 Grad C. und auf dem Wege des Abſteigens in den Schooß der Erde dieſe Temperatur zu erreichen, müßten wir im mittlern Deutſchland 10,000 Fuß tief graben. Dort in einem 10,000 Fuß tiefen Schacht, der jedoch nicht mit Luft, ſondern mit der herausgegrabenen Erde gefüllt wäre, dort würde das Waſſer die Temperatur finden, welche nöthig wäre, um unter zwei Atmoſphären zu ſieden. Allein es ſtände, die Schwere der Erde nur der des Waſſers gleich geſetzt, in ſolcher Tiefe ſchon unter einem Druck von 300 Atmoſphären; bei 50 Atmoſphären würde die zum Sieden erforderliche Hitze ſchon 265 Grad ſein, bei 300 Atmoſphären beträgt ſie gar ſchon 397 Grad. Um aber nur die erſte Temperatur zu erreichen, müßten wir ungefähr 26,500 Fuß abwärts ſteigen; dies entſpräche, wenn die Erde nur ſo dicht wie Waſſer wäre (ſie übt jedoch einen beinahe 5 Mal größeren Druck aus), einem Drucke von 828 Atmoſphären. Um dieſen Druck aber zu überwinden, bedarf das Waſſer einer Hitze von 500 Grad und um dieſe zu finden, muß man 50,000 Fuß abwärts ſteigen; hier hat man natürlich einen noch viel höheren Druck und dieſer höhere Druck fordert natürlich eine noch viel größere Hitze, wodurch man wieder genöthigt wird, abwärts zu ſteigen, um dadurch den Druck abermals zu erhöhen.

Dieſe paar Beiſpiele zeigen zur Genüge, daß eine Beſorgniß wie die beregte, das Innere der Erde müſſe ſich in Dampf auflöſen und dieſer die Erde zerſprengen, eine ſehr unbegründete iſt, denn dies würde nicht einmal geſchehen, wenn die Erde aus dem leicht kochbaren Waſſer beſtände; da ſie aber aus Stoffen beſteht, welche beinahe 5 Mal dichter ſind als das Waſſer und aus Subſtanzen, deren Schmelzpunkt Tauſende von Graden höher liegt als der Schmelzpunkt des Waſſers (0 Grad), deren Siedepunkt alſo wenig-

ſtens 100,000 Grade höher liegt, aber eben ſo verrückbar als der des Waſſers iſt, alſo bei einem Drucke von vielen Meilen einer ſchweren flüſſigen Maſſe, einer noch viel höheren Temperatur bedarf, ſo hat man keine Urſache, beſorgt zu ſein — dies ſprengt, auch wenn es ſich Alles wirklich ſo verhält und die Erde wirklich in ihrem Innern geſchmolzen iſt (welches anzunehmen wir die größte Urſache haben und welches geſchmolzene Innere wir in Hunderten von Vulkanen aus der Erde heraustreten ſehen) die Erdkruſte nicht — allein eine andere Frage über die Möglichkeit einer ſolchen Cataſtrophe hängt mit der Durchwärmung der Erde durch die Sonne auf das Innigſte zuſammen.

Wärmeverluſt der Erde.

Erhält die Erde von der Sonne ſo viel Wärme als ſie durch Ausſtrahlung verliert?

Daß die Erde durch das Letztere immerfort verliere, unterliegt keinem Zweifel; daß ſie ſich dadurch bis auf ihre gegenwärtige Temperatur abgekühlt habe, iſt ganz erwieſen; daß dieſe Abkühlung ein Zuſammenziehen der Erdrinde zur Folge habe, vermöge deren ein Druck auf das geſchmolzene Innere ausgeübt wird, iſt einem Jeden begreiflich, der nur ein Weniges ſich in der Phyſik umgeſehen hat. Dieſe Zuſammenziehung hat einen Bruch, einen Riß zur Folge, der hier die Alpen, dort das Himalaya-Gebirge, jenſeits des Oceans die Andes emporgeſchoben oder der ein anderes Mal das Hochland des innern Aſiens gehoben hat.

Es frägt ſich nun, kühlt ſich die Erde noch ferner ab?

Geſchieht dies, ſo zieht ſie ſich auch zuſammen, der Druck auf das geſchmolzene Innere wird immer größer und wir ſind keinen Tag vor einer neuen Cataſtrophe ſicher, vielleicht kommen nach einer Million von Jahren die Abkömmlinge eines neuen Adam auf die Gedanken, aus den Schichtungen der Gebirgsarten, aus den Braunkohlen, dem Torf und andern Formationen auf eine untergegangene Welt zu ſchließen, in welcher es ganz wunderbare Früchte gegeben hat, deren eigentliche Beſchaffenheit man ſchwer erkennen kann, da ſie lediglich in kugelförmigen Abdrücken beſtehen, in deren hohlem Innern entweder ein kleiner runder Kern, oder ein großer länglicher, oder ein noch größerer, ziemlich narbiger, befindlich, oder in denen ſich in Fächer abgetheilte Kapſeln mit ſehr kleinen länglichen, auf einer Seite ſpitzen Steinen befinden — ſie werden dieſe Kerne, dieſe hohlen Abdrücke, oder die Ausfüllungen derſelben mit Kieſel, mit Opal in ihren Naturaliencabinetten bewahren; werden die Blätter- und Zweigabdrücke aufſuchen und vielleicht ſehr

falſch claſſificiren; werden aus Getreideähren eine Pflanze und aus den abgemäheten Stoppeln eine andere machen; werden in den Wurzelſtöcken der Tanne, Eiche und Buche neue wunderbare Species entdecken, welche ein wunderſames Leben ganz in der Erde führten und nur mit einem kurzen, tannenähnlich geſtalteten Stamme über die Erde, an das Tageslicht kamen; ſie werden nicht ahnen, wie gut uns jene Früchte, Kirſchen, Pflaumen, Pfirſiche, Aepfel und Birnen, an denen ſie ſich ihre Weisheitszähne ausbeißen, geſchmeckt haben; ſie werden nicht ahnen, daß jene wunderbare Pflanzenſpecies, jene neue Sigillaria, durch einen Königlich Preußiſchen Förſter geſchaffen iſt, deſſen Gebeine ſie vielleicht unſern des von ſeinem Hammer bezeichneten Stammes finden und ſie unter die Ungeheuer der Vorwelt, nach den Zähnen unter die Allesfreſſer (omnivorax) claſſificiren; ſie ſammeln vielleicht unſere Koprolithen, in Form ſehr verſchieden und ahnen nicht, daß ſie von demſelben Thiere ſtammen und nur verſchiedenen Geſundheits- oder Krankheitszuſtänden ihre Form und Farbe verdanken, daß der mehr oder mindere Verbrauch einiger Moriſon'ſcher Pillen es iſt, welche ihnen, den erleuchteten Heroen der Wiſſenſchaft jener fernen Zeit, ſo viel Kopfzerbrechens macht.

Hat die Sonne jedoch hinlängliche Kraft, um der Erde den Verluſt, welchen ſie allnächtlich erleidet, alltäglich und zwar vollſtändig wieder zu erſetzen, nun dann haben wir nicht nöthig eine ſolche Cataſtrophe zu befürchten, dann findet keine fernere Zuſammenziehung ſtatt und die Abkühlung des Erdinnern ſchreitet nicht weiter, es ſei denn dadurch, daß aus den Schloten des Erdinnern, aus den Feuereſſen, die wir Vulkane nennen, glühende Maſſen entführt, an die Oberfläche gebracht werden. Dieſe Maſſen aber ſind ſo verſchwindend klein, daß ſie unmöglich von einer ſelbſt in Millionen Jahren bemerkbaren Verringerung des Erdinnern begleitet ſein können. So lange der Aetna beſteht — und nehmen wir an, er habe urſprünglich mit der Fläche der trinakriſchen Inſel ganz gleich gelegen, wie die Schlammvulkane bei Agrigent — hat er noch keine Kubikmeile an geſchmolzenem Geſtein aus dem Innern an das Tageslicht befördert. Die Geſammtmaſſe der kleinen Berge, welche ihn umlagern, ſeine Schöpfung ſind und das Centralgebirge, welches wir im weiteſten Sinne „Aetna" nennen, ſo wie „der Brocken" und andere bilden, beträgt noch lange nicht $\frac{1}{2\,60\,000\,000}$ des Erdinnern (dies wäre eine Kubikmeile), wenn es nun aber auch ſo wäre — was ſollte das wohl ſagen — es wäre ungefähr ſo, als wolle man von einem mit Sand beladenen vierſpännigen Wagen ein Körnchen von den Hinterrädern wegnehmen und über die Vorderräder legen, damit den Pferden die Laſt erleichtert würde.

Dergleichen Veränderungen also entziehen sich der Beobachtung, ja beinahe der Berechnung; was wir aber von der Pflanzengeographie und von der Astronomie annehmen, ist, daß die Pflanzen, welche gewisse Temperaturgrade zu ihrer Entwickelung brauchen, Palmen, Reben, Reis x., noch jetzt in denselben Gegenden vorkommen, in denen sie vor 3000 Jahren vorkamen und daß sie zu derselben Zeit blühen, Früchte tragen und reifen, daß ferner die Tageslänge vollkommen dieselbe ist wie 2000 Jahre vor Christi Geburt, daß sie mithin in dieser Zeit weder zugenommen hat noch kürzer geworden ist, oder, was dasselbe sagen will, daß wir auf dem Standpunkte angekommen sind, auf welchem Verlust durch Ausstrahlung und Gewinn durch Einstrahlung vermöge des Lichtes der Sonne, sich so vollkommen ausgleichen, daß wir kein Mehr oder Minder auf einer Seite wahrzunehmen vermögen.

Druck und Reibung.

Als nächste Quelle der Wärme liegt uns die Reibung und der Druck vor. Wir haben schon davon gesprochen, daß der Schmied durch schnelles Hämmern ein Eisenstäbchen glühend machen und daß man Luft so stark zusammen drücken kann, daß sie leicht entzündliche Körper, Schwamm, Kohle, zum Glühen bringt. Umgekehrt bringt auch Ausdehnung eine Verringerung der Temperatur mit sich. Wir haben daran erinnert, daß ein Thermometer unter der Glocke einer Luftpumpe bei raschem Verdünnen sinkt, man kann den Versuch sehr viel auffallender in folgender Art machen.

In ein Gefäß von geschlagenem oder gewalztem Messing, wie es benutzt wird, um Gas zur Beleuchtung der Zimmer transportabel zu machen (in Wien sehr häufig angewendet, indem man in einem Cylinder von 1 Kubikfuß Inhalt 30 Kubikfuß Gas preßt), pumpt man atmosphärische Luft nur bis zum vier- oder fünffachen des Inhalts. Man sperrt die eingeschlossene Luft durch den Hahn ab und läßt sie, durch die Compression jedenfalls erwärmt, die Temperatur der Umgebung annehmen.

Oeffnet man nun den Hahn, so strömt die Luft mit um so größerer Gewalt aus, je mehr sie zusammengedrückt war, sie dehnt sich aber auch in demselben Verhältniß aus, nimmt also plötzlich statt des einfachen den vier- oder mehrfachen Raum ein und hierdurch wird eine so starke Temperaturerniedrigung hervorgerufen, daß ein nasses Tuch, in den Strom gehalten, an denjenigen Stellen, an denen es getroffen wird, sogleich mit Eis überzogen erscheint.

In einem der Bergwerke Ungarns, in Schemnitz, wird das Wasser

durch comprimirte Luft aus der Tiefe empor getrieben; man läßt diese letztere, welche in einen großen, ſtarken Windkeſſel gepumpt iſt, auf das zu hebende Waſſer wirken und dieſes ſteigt, nach dem Grade der Zuſammendrückung, drei, vier und mehrere Atmoſphären hoch bis über den Rand des Schachtes hinaus, woſelbſt die Ausgußröhren in ein Gerinn münden.

So lange die mächtigen Steigröhren bis zum Grunde hinab noch gefüllt ſind, geht der Ausfluß in ziemlich gleicher Stärke regelmäßig von Statten; ſobald aber die Röhren ſelbſt nur noch das Waſſer liefern, indem der Vorrath im Baſſin ſchon erſchöpft iſt, wird mit jedem Augenblick die Laſt, welche auf der Luft ruht, geringer, ſie dehnt ſich alſo, je geringer der Druck wird, deſto lebhafter und raſcher aus und ſchleudert die letzten 30 Fuß Waſſer aus den Röhren mit einer überraſchenden Gewalt hinaus. Natürlich geht dies nicht, wie in einem Barometerrohr, ohne Störung, es fällt Waſſer in großen Tropfen und Adern zurück und wird mit der Luft vermiſcht, ausgeworfen; ſobald dies Spiel beginnt, iſt die Luft ſchon bedeutend ausgedehnt, und dadurch wird ſie dergeſtalt in ihrer Temperatur herabgeſtimmt, daß das Waſſer, welches ſie noch mit ſich führt, zu wallnußgroßen Kugeln gefriert, die mit Vehemenz hinaus geſchleudert werden, ſo daß in dieſem Stadium ſich den Ausgußröhren zu nähern, eigentlich recht gefährlich iſt, indem die Eisſtücke wie aus einer Windbüchſe geſchoſſen wirken, und da ſie mitunter gar nicht klein ſind, wirklich verwunden können.

Hier iſt die Wirkung plötzlicher Ausdehnung, im Gegenſatz der Erwärmung beim Zuſammendrücken, recht deutlich zu ſehen, wie dieſe letztere Wirkung bei dem Luftfeuerzeuge am beſten einleuchtet; Luftarten ſind überhaupt zu dergleichen Verſuchen am geeignetſten, weil ſie ſich am leichteſten zuſammendrücken laſſen, nur muß man allerdings ſehr behutſam ſein, viele Gasarten explodiren beim Zuſammendrücken ſehr heftig. Bei feſten Körpern läßt ſich die Erhitzung am beſten durch das Prägen nachweiſen, das Stück Silber, welches ein Thaler werden ſoll, wird kalt in den Prägeſtock geſetzt und kommt nach zwei Schlägen ſo heiß aus demſelben, daß es mit der Hand nicht angefaßt werden kann. Bei flüſſigen Körpern findet allerdings auch eine Zuſammendrückung, aber keine bemerkbare Erwärmung ſtatt, die Grade der Zuſammendrückung, denen Flüſſigkeiten ausgeſetzt werden können, ſind auch ſo gering, daß eine Erwärmung kaum eintreten kann.

Erhitzung durch Reibung.

Höchſt merkwürdig ſind die Effecte der Reibung. Wenn man rundes Stück Holz auf der Drehbank glatt gedreht hat, ſo brennt braune und ſchwarze Reifen lediglich dadurch darauf ein, daß man ein an Stück Holz von härterer Art an das erſte hält, während es raſch g wird; es entſteht hier eine beginnende Verkohlung und lediglich durch wird das Holz gebräunt und geſchwärzt. Man dürfte den Verſuch dem Braunwerden nur eine halbe Minute lang fortſetzen, ſo würde das Holz in Flammen aufleuchten ſehen.

Die Wilden aller Welttheile machen auf dieſe Weiſe Feuer an reiben entweder einfach zwei Stücke Holz an einander oder ſie mach das eine derſelben eine Rinne und reiben in dieſer mit dem Hirnhol andern Stückes hin und her oder ſie machen in eines derſelben eine Vertiefung und drehen in derſelben das andere Stück wie einen Quir und her, was entweder mit beiden flachen Händen oder mittelſt ein einem Stock geſchlungenen Schnur geſchieht.

Wo wir hinſehen tritt uns dieſe Erhitzung durch die Reibung i Weg. Der Harpunierer, welcher den Wallfiſch jagt, ſchleudert einen mit Widerhaken gegen das mächtige Thier, an deſſen Eiſen eine Lei feſtigt iſt; die Leine iſt auf eine große Rolle gewickelt und läuft übe Vorderbug des Schiffes dem Wallfiſch nach, welcher mit einer furcht Schnelligkeit in die Tiefe ſchießt. Die Rolle, über welche das Seil muß immerfort naß gehalten werden, ſonſt wird das Holz verkohl entzündet. Wenn man eine ganz glatte Schnur ſchnell durch die laufen läßt, ſo kann man ſich Blaſen brennen. Wenn man ſich bei Fe gefahr aus einem Fenſter hinabläßt, nicht an einem groben Seil, ſonde zuſammengeknüpften Handtüchern oder Laken, ſo verletzt man ſich die H mitunter ſo, daß große Brandblaſen entſtehen, was nicht geſchieht, man unter derſelben Reibung den Weg mit Beſonnenheit langſam z legt. Hölzerne Wagenaxen entzünden ſich beim raſchen Fahren ſehr ja eiſerne Axen und in der Radnabe ſitzende metallene Buchſen werden ſchnellen Fahren und nur irgend fehlender Schmiere dergeſtalt erhitzt die Nabe des Rades, in welcher die Buchſe ſitzt, entzündet wird un Wagen in Flammen ſteht.

Wie weit Erhitzung durch Reibung geht, ſehen wir bei dem Fe ſchlagen mittelſt Stahl und Stein. Dieſes längſt vergeſſene Feue welches jetzt in einer eleganteren Form wieder aufgewärmt, als eine

rfindung auftaucht und als Luntenfeuerzeug sich in den Händen von Tau-
nden junger Cigarrenraucher befindet, wirkt ganz allein durch die Reibung.

Der gehärtete Stahl wird mit einer großen Raschheit und Kraft an
em Feuerstein vorbei geführt, hierdurch werden einige Stahlsplitter los-
erissen, die Reibung macht dieselben aber so heiß, daß sie nicht blos glühend
erden, sondern daß sie schmelzen. In dem Augenblick des Schlages sind
ehn — funfzehn Stahlsplitterchen durch den Stein von dem Stahle los-
erissen und sind in dem Augenblick des Schmelzens, der kein Zehntheil
iner Secunde betragen kann, von 0 Grad bis auf 1400 Grad erhoben
orden, denn dies ist der Schmelzpunkt der ganzen Legirung aus Eisen und
ohle, welche wir Stahl nennen.

Daß es die Reibung ist, welche diese Erhitzung bewirkt, sieht wohl
eder ein, dies liegt zu klar auf der Hand, da gar keine andere Ursache
u einer solchen Temperaturerhöhung vorhanden ist — daß es aber der
chmelzpunkt ist, welcher erreicht und überschritten wird, läßt sich deutlich
achweisen.

Schmelzhitze durch Reibung.

Man biege einen Bogen weißen Papieres an seinen Kanten so um, daß
r rundum einen erhabenen Rand bekommt und eine große, flache Kapsel
ildet. Auf diesen Bogen lasse man die Funken fallen, welche man dadurch
rzeugt, daß man den Stahl in die eine Hand nimmt und mit dem in der
ndern Hand gehaltenen Steine ein paar Dutzend Mal rasch an dem Stahle
nunter schlägt. Man wird nun mit gutem kurzsichtigem Auge eine Menge
hr feiner Pünktchen auf dem Papiere liegen sehen; wenn man diese durch
Zusammenbiegen des Papieres in eine größere Nähe zu einander bringt und
ann die Splitterchen durch eine gute, stark vergrößernde Loupe besieht, so
ird man sehr deutlich wahrnehmen, daß man lauter Kügelchen vor sich hat,
elche zum größten Theil ganz oder zur Hälfte ausgehöhlt sind, eine Form,
ie sie die Reibung nicht geben kann, wie sie jedoch die Schmelzung alle
eit giebt, was wir bei dem Schrot sehr deutlich wahrnehmen. Diese
on dem Stahl losgerissenen Pünktchen erhielten also zuerst die Schmelz-
itze und rundeten sich in dieser während des Fallens tropfenförmig ab.

Die ungeheuere Menge des Wärmestoffes, welche durch Reibung ent-
ickelt wird, hat man in früheren Zeiten gar nicht erkannt, erst Rumford
u München machte darauf aufmerksam, indem er wahrnahm, daß trotz des
erbrauchten Oeles oder Fettes ein Canon, welches durch Wasserkraft ge-
ohrt wird, sich so erhitzt, daß es nicht mehr gehandhabt werden kann.

Dieſer durch und durch praktiſche Mann hoffte die hier entwickelte Wärme nutzbar zu verwenden und umgab das Canon mit einem großen Waſſergefäße. Er hatte nun jedenfalls den Vortheil das Canon ſich nicht weiter als bis auf den Siedepunkt des Waſſers erhitzen und den Bohrer nicht blau anlaufen und dadurch weich werden zu ſehen; das Waſſer gerieht dabei auf das Gewaltigſte in's Kochen und es konnte durch dieſes vermöge der Reibung erhitzte Waſſer die ganze weitläufige Werkſtatt geheizt werden, indem das heiße Waſſer von oben her durch Röhren fortgeleitet, unten aber dem Gefäße ſtets kaltes Waſſer zugeführt wurde.

Merkwürdig iſt, daß dieſe anſchaulichen Verſuche nirgends Eingang fanden, nirgend weiter die Wärme zur Heizung verwendet wurde. Der Verfaſſer ſchlug bei Anlage einer Zuckerfabrik aus dem Runkelrübenſafte in Ulm (Schwaben) ſtatt der Feuerung mit dem dort ſehr theueren Holze, eine Heizung durch die Reibung vor (1835), allein es ging, als auf den Vorſchlag eines Projectenmachers, Niemand darauf ein und man verſchwendete des Holzes ſehr viel bei der neuen Anlage. Der Gedanke war es übrigens allein, der die nöthige Anleitung zur Verwerthung der Reibungswärme hätte gegeben, Verſuche zur beſſern Verwendung derſelben waren durch den Verfaſſer eigentlich nicht gemacht worden.

Auf der großen Induſtrieausſtellung, welche im Jahre 1855 in Paris ſtattfand, ſah man eine förmlich eingerichtete Kochmaſchine, wo metallene Gefäße auf einer Metallplatte ſtanden, welche durch einen darin ſich reibenden Kegel von geöltem Hanf dergeſtalt erhitzt wurde, daß die mit verſchiedenen Flüſſigkeiten gefüllten Gefäße ſämmtlich im heftigſten Kochen waren. Die Kraft, welche hierauf verwendet wurde, kam hinſichts des erzielten Effectes kaum in Betracht, falls man die Koſten der Feuerung berechnete. Eine Hand in einem Schwungrade konnte ſo viel Wärme hervorbringen, daß 100 Quart eine Stunde lang damit im Kochen erhalten werden konnten. Auf Dampfmaſchinen würde ſich dieſe Heizungsmethode trefflich anwenden laſſen. Es würde innerhalb des Keſſels ein zuckerhutförmiges Rohr, aber ſo lang wie der ganze Keſſel, liegen, in dieſem müßte ſich ein Kegel bewegen, welcher das Rohr gerade ausfüllte, irgend eine Kraft von einem Thiere oder ein paar Menſchen hergenommen, allenfalls eine kleine Dampfmaſchine ſelbſt, würde die Reibung zu beſorgen haben und dieſe Reibung würde eine Wärme erzeugen, welche jene, die durch das Feuer für die kleine Dampfmaſchine hervorgebracht wird, um das Funfzigfache überbieten, ſo daß z. B. eine Dampfmaſchine von 2 Pferdekraft eine andere von 100 Pferdekraft in Thätigkeit ſetzen würde.

Chemiſche Verbindung verſchiedener Körper.

Mengung und Miſchung ſind zwei Methoden, ungleichartige Körper mit einander in Berührung zu bringen. In einem Falle liegen die Theile der beiden Körper (oder der drei, der zehn) neben einander, ohne ſich gegenſeitig zu faſſen, zu ſtören, zu verändern; mengt man auf das Sorgfältigſte Rübſamen mit dem Samen des Hederich, oder Leinſamen mit dem unter dem Namen „Spitzſaat" bekannten Canarienfutter, ſo wird das bloße Auge die verſchiedenen Körner neben einander ſehr deutlich wahrnehmen; mengt man zwei trockene Farbeſtoffe in Pulverform, Zinnober und Bleiweiß mit einander, ſo wird man ein ſcheinbar gleichartiges Gemenge von hellrother Farbe erhalten, aber ſchon eine gute Loupe zeigt die Zuſammenſetzung, ja ein Paſtellgemälde, auf welchem die in einander übergehenden Farben auf das Schönſte vertrieben erſcheinen, hält die Prüfung mit einem zuſammengeſetzten Mikroſkop nicht aus, man ſieht die gelben und rothen Punkte neben einander liegen im Orange und die gelben und blauen im Grün ꝛc.

Wenn man zwei Luftarten, wie Stickſtoff und Sauerſtoff, welche in ihrem gewöhnlichen Zuſtande keine Verwandtſchaft zu einander haben, mengt, ſo findet wahrſcheinlich daſſelbe ſtatt, obwohl bei den unſichtbaren Theilen der Luftarten dies Nebeneinanderſein für das Auge nicht nachzuweiſen iſt; bei Flüſſigkeiten, wie Oel und Waſſer, läßt ſich dies ſchon eher thun; ſelbſt wenn aus denſelben mit größter Sorgfalt eine Emulſion bereitet wird, erkennt man die geſondert neben einander liegenden Kügelchen der verſchiedenen Flüſſigkeiten.

Alle dieſe Vorgänge nennt man Mengungen, bei ihnen iſt von Veränderung der beiden Körper keine Rede, ſie bleiben nach wie vor, was ſie waren, es findet auch keine Temperaturveränderung ſtatt, es ſei denn bei trockenen Körpern durch Reibung, dieſe kann natürlich hier nicht mehr in Betracht gezogen werden.

Ganz anders verhält es ſich mit Körpern, die ſich chemiſch ergreifen. Gießt man Schwefelſäure in Waſſer, ſo verbinden beide ſich zu einem neuen Körper, beide werden dichter als ſie früher waren — ein Maaß Waſſer und ein Maaß engliſche Schwefelſäure geben keineswegs zwei Maaß verdünnte Schwefelſäure, ſondern weniger.

Bei dieſer Verbindung zweier Körper zu einem dritten, welcher die Eigenſchaften der früher einzeln beſtandenen Körper nicht mehr hat, findet eine höchſt bedeutende Erwärmung ſtatt. Hat man eine Flaſche halb mit engliſcher Schwefelſäure gefüllt und gießt nun langſam Waſſer darauf, ſo

erhitzt sich die Berührungsschicht der beiden Flüssigkeiten dergestalt, daß genau an dieser Stelle die Flasche quer durchschnitten wird, als wäre sie durch einen Diamant getheilt. Der Versuch muß übrigens mit großer Vorsicht und ja nicht mit Nordhäuser Schwefelsäure angestellt werden; in diesem letzteren Falle entsteht nicht eine Erhitzung sondern eine furchtbare Explosion, welche um so zerstörender wird, als die umher geschleuderte concentrirte Schwefelsäure alle thierischen und Pflanzensubstanzen verbrennt, alle Metalle oxydirt, zerstört.

Verdichtung.

Viele Erscheinungen der Art lassen sich auf das Verdichten zurückführen, andere allerdings nicht. Zu den ersteren gehört das Erhitzen von pulverigen Substanzen aus dem Pflanzenreiche, Kohle, Mehl, Kleie, Asche, durch Zutritt von Feuchtigkeit. Hier wird das in Dampfform dargebotene Wasser in einen engen Raum zusammengepreßt, daher die Erwärmung, welche bis zur Erhitzung und selbst Entzündung gehen kann.

Wenn man sehr feine Eisenfeile, wie die Schweizer Uhrmacher dieselbe verkäuflich haben und wie man sie auch in den Apotheken findet, in einem Klumpen auf einem Blechstreifen so erhitzt, daß sie glühend wird, so entsteht eine Oxydschicht auf der Oberfläche des Häufchens. Wenn man nun die Feilspäne erkalten läßt, darauf sie aber etwas aus einander breitet, so erhitzen sie sich durch Aufnahme des Sauerstoffes aus der Luft dergestalt, daß sie von Neuem in's Glühen kommen; läßt man sie abermals erkalten und breitet man das halb zerstörte Häufchen ganz aus, so entsteht das Erglühen nochmals.

Diese, bis auf einen so hohen Grad gehende Erhitzung rührt lediglich von der Verdichtung des Sauerstoffs der Luft her, der das zur Aufnahme desselben vorbereitete Eisen nun erfaßt und in einen viel tausend Mal kleineren Raum bringt, als derjenige war, den es früher einnahm; man hat hiervon ein Argument für die Ansicht, daß die Planeten ursprünglich glühend gewesen sein müßten, hergenommen, denn man sagt mit Recht: wenn die Weltkörper in ihrer frühesten Zeit gasförmig (oder noch viel dünner ätherförmig) waren und sich durch Anziehung der Theile gegen einander ballten, so mußten, je dichter sie wurden, desto höher ihre Erwärmung, lediglich in Folge der Verdichtung, steigen und daher bei einer tausendmaligen Verringerung des Raumes eine Erhitzung entstehen, welche wohl bis zur Gluth gehen konnte.

Diese Angaben sind nur annähernd, nur sehr entfernt richtig, aber sie

kommen noch täglich vor. Der Sauerstoff in der Atmosphäre ist 800 Mal leichter als Wasser, dieses ist 5 Mal schwerer als Magneteisenstein; in diesem befindet sich also der Sauerstoff auf eine viertausendmalige Verdichtung herunter gebracht. Wenn man aber bedenkt, daß die Weltkörper nicht aus Weltdunst oder Dampf entstanden sind, welcher 800 Mal dünner als Wasser war, sondern welcher Millionen Mal mehr ausgedehnt gewesen, so kann man sich denken, welch eine furchtbar hohe Temperatur eine Compression auf Billiontheile des Raumes mit sich geführt hat.

Diese Erhitzung durch eine nicht mechanisch, sondern durch Chemismus herbeigeführte Weise, steht nicht vereinzelt da; ein ganz gleicher Fall liegt im Löschen des Kalkes vor — dieser hat sein Krystallwasser durch das Glühen verloren, begierig nimmt er demnach es aus der Luft auf und zerfällt damit unter starker Erwärmung zu Pulver. Wenn man demselben jedoch die Feuchtigkeit in größerer Menge zuführt und man auf den geglüht gewesenen Kalk (gebrannter Kalk) Wasser gießt, so entsteht eine Erhitzung, welche mehrere Hundert Grade beträgt, nur gewöhnlich nicht so weit geht, weil man zu viel Wasser braucht, da dann dieses in lebhaftes Kochen kommt und dadurch eine große Masse Verdampfungswärme entführt wird; wenn man jedoch das Experiment mit solcher Vorsicht macht, daß nur sehr wenig Wasser, fein zertheilt, auf den Kalk kommt, so erhitzt er sich dergestalt, daß er Schießpulver entzündet, Holz verkohlt, daher es gefährlich ist, ungelöschten Kalk in der Nähe von Scheunen, etwa in den schlechten Tonnen aufzubewahren, in denen er gewöhnlich im Handel vorkommt. Wenn solchen Kalk ein feiner Regen trifft, so entzündet er zuerst die Tonne, dann die Scheune und kein Mensch weis, auf welche Art das Unglück geschehen.

Auch wenn man frisch gebrannte Magnesia mit Wasser in Berührung bringt, entsteht eine solche Verdichtung derselben, daß eine, wenn schon nicht ganz so weit wie beim Kalk gehende Erhitzung die Folge davon ist.

Ein höchst auffallendes Experiment ganz ähnlicher Art, wiewohl mit mehreren Flüssigkeiten, ohne Dazwischenkunft eines festen Körpers, kann folgender Art gemacht werden.

Wenn man eine kleine Quantität concentrirte Schwefelsäure mit concentrirter Salpetersäure mischt (am besten, wenn beide rauchend sind) und dieses Gemisch in eine flache Schaale mit Terpentinspiritus gießt, so wird der letzte, ein flüchtig ätherisches Oel, sofort zu Harz verdichtet. Diese Verdichtung ist mit einer so starken Wärmeentwickelung verbunden, daß im Augenblick der Berührung dieser verschiedenen Substanzen der Terpentin in hellen, lebhaften Flammen ausbricht. Das Experiment ist mit guten Materialien ausgeführt ganz gefahrlos, nur darf es des Qualmes und schwarzen

Rauches wegen nicht im Zimmer angestellt werden, dessen Decke und Wände sofort mit einer Rußschicht überzogen sein würden; hat man jedoch nicht hinlänglich starke Säuren, so erfolgt die Entzündung nicht sicher und dann werden durch das Kochen und Blasenwerfen der Mischung die Säuren weit umher geschleudert und können großen Schaden thun.

Verbrennen.

Hier sind Beispiele angeführt, in denen große Erhitzung und schließlich wirkliches Verbrennen statt fand, ohne daß man eine Flamme zu dem verbrennenden Körper brachte, und so sieht man wohl, daß auch das uns geläufige Brennen gewöhnlicher brennbarer Körper: Holz, Oel ꝛc. hierher gehört. Es ist auch dies nichts weiter als eine chemische Verbindung ungleichartiger Substanzen zu einem neuen, dritten Körper, welcher von den beiden ersteren sehr verschieden ist, oder es ist ein Austreiben brennbarer Gasarten aus ihrem Verschluß in Holzzellen u. dergl., so daß davon ein Rückstand bleibt, welcher die Zellensubstanz (Kohle) und einige der Bindemittel (Asche) bietet, indessen nur die entwichenen Gase neue Verbindungen eingegangen, die anderen Körper aber aus ihren Verbindungen befreit sind.

Die Beobachtung hat gelehrt, daß verschiedene Körper aus allen drei Naturreichen bei ihrer Verbindung eine solche Wärme entwickeln, daß dadurch eine wirkliche Verbrennung entsteht, nicht das, was mit Recht der Chemiker so nennt, dem jede Verbindung mit dem Sauerstoff, jede Oxydation eine Verbrennung ist, sondern das, was auch der Laie so nennt, ein Aufgehen in Flammen.

Eine sehr auffallende Erscheinung dieser Art bietet uns das Verbinden von Eisenfeilspänen mit Schwefelblumen, auf welche man in früheren Zeiten die Erklärung der vulcanischen Erscheinungen gründete. Wird von oben gedachten Körpern eine hinlängliche Quantität gemengt und, etwa in einem Sack verschlossen (um das Zerstreuen zu verhindern), in feuchter Erde vergraben, so gerathen dieselben nach einigen Tagen in Entzündung, werfen die Erde auf und geben Erscheinungen von Rauch, Dampf, Flammen, in denen Lemery (zu Rouen in der Mitte des 17. Jahrhunderts geboren, zuerst Apotheker, dann Arzt, dann Professor der Chemie und besoldetes Mitglied der Akademie) einen Vulcan im Kleinen sah und selbst in etwas größerem Maaßstabe als gewöhnlich ausführte.

Wenn man, um reines, gänzlich unverfälschtes Quecksilber zu erhalten, dasselbe aus Zinnober dadurch reducirt, daß man ihn mit Eisenfeilspänen erhitzt, so verbindet sich der Schwefel aus Wahlverwandtschaft mit Eisen

und es entſteht eine Entzündung mit einer Exploſion verbunden, welche leicht gefährlich werden kann.

Wenn man Kryſtalle an ſalpeterſauerem Kupfer zerkleinert und dieſe in ein Blättchen Staniol wickelt und raſch, doch gar nicht bedeutend ſtark zuſammendrückt, ſo entſteht alsbald eine Erhitzung, welche ſo weit geht, daß ſich das Staniol ſofort entzündet und als Flamme verbrennt. Daß dünne Kupferblätter, in Schwefelgas getaucht, ſofort erglühen und dann mit Flamme verbrennen, iſt bereits bemerkt worden und es ließe ſich die Zahl der Beiſpiele von unter lebhafter Hitze vor ſich gehenden Verbindungen anorganiſcher Körper bedeutend vermehren, die angeführten jedoch genügen und wir können noch ein paar Beiſpiele ähnlicher Art von organiſchen Körpern geben.

Selbſtzünder.

Zum Anſtreichen der Kriegsſchiffe bedient man ſich in Rußland einer Verreibung von Kienruß mit Hanföl, welche eine dicke Maſſe bildet und beim Streichen verdünnt werden muß, indem man Theer in genügender Menge dazu ſetzt. Die verdickte ſchwarze Farbe wird in den ruſſiſchen Arſenalen in großen Ballen, in Baſtmatten eingewickelt, bewahrt und auf jedem Schiffe befindet ſich ein mäßiger Vorrath davon. Dieſe Verbindung iſt höchſt feuergefährlich, denn ſobald ſie nur eine Temperatur äußerlich von 15 Grad erhält, bringt die Erhitzung in das Innere, ſteigert ſich bis zur Selbſtentzündung und bedeutende Feuersbrünſte ſind dadurch auf ruſſiſchen Werften und bei Reiſen auf ruſſiſchen Schiffen entſtanden, bis man die Urſache entdeckte. Jetzt wird die Maſſe nicht mehr ſo trocken gemacht, dann läßt ſie ſich gefahrlos (allerdings aber nicht in Matten, ſondern in Fäſſern) aufbewahren.

Die als Kaffee-Surrogat dienenden gebrannten Cichorienwurzeln dürfen nicht in großen Maſſen aufgehäuft werden. Die Verbrennung des Düngers in ſich, wiewohl ohne Flamme, iſt eine ſehr allgemein bekannte Thatſache, eben ſo die, das nicht ganz trocken eingebrachte Heu, vorzüglich von zweiter Schur (weil bei dem Grument viel weniger Halme ſind, alſo keine ſo lockere Schichtung als beim eigentlichen Heu möglich iſt), ſich in einigen Tagen ſo ſtark erhitzen zu ſehen, daß die hellen Flammen daraus hervorbrechen. Aus Unvorſichtigkeit in dieſer Hinſicht iſt mancher Bauernhof eingeäſchert worden.

In Königsberg iſt es verſchiedene Male vorgekommen, daß ſich das Moos und Stroh, worauf Oelfäſſer gelegen hatten und welches nun beſeitigt und in einen Winkel gekehrt worden war, ſelbſt entzündete. Es hat dies

alles ſeinen Grund in der begierigen Aufnahme des Sauerſtoffs der Luft durch kohlenſtoffhaltige Subſtanzen. Die Kohle ſelbſt verdichtet Gasarten in ſolcher Menge, daß ſich ihr Gewicht auf das Doppelte von dem vermehrt, was ſie ſelbſt hat. Geſchieht dieſe Aufnahme ſehr langſam, ſo iſt ſie allerdings nicht von Feuererſcheinungen begleitet, unterſtützt man aber eine ſolche Aufnahme dadurch, daß man die Kohle fein pulveriſirt und noch warm in Fäſſer packt, wie man es unvorſichtiger Weiſe zur Fabrikation des Schießpulvers häufig thut, weil man durch die warme Verpackung das Feuchtwerden zu verhindern hofft, ſo iſt die Gefahr einer Selbſtentzündung ſtets vorhanden und die vielen Unglücksfälle bei Pulvermühlen ſtammen zum größten Theil aus dieſer Quelle.

Künſtlich und abſichtlich kann man dieſe Klaſſe von Körpern, welche man die der Selbſtzünder nennen könnte, ſich bereiten, wenn man Subſtanzen, welche Sauerſtoff mit großer Lebhaftigkeit aufnehmen, ſo vereinigt, daß ſie ihre Kräfte gemeinſchaftlich wirken laſſen. Eine einfache Subſtanz der Art iſt die Kohle, eine andere das Kaliummetall, welches bekanntlich eine ſo lebhafte Verwandtſchaft zum Sauerſtoff hat, daß es an der Luft ſogleich oxydirt, im Waſſer unter Feuererſcheinung und Exploſion zu Kali wird und nur unter Steinöl aufbewahrt werden kann.

Homberg's Pyrophor.

Einen ſolchen Selbſtzünder oder Pyrophor bereitet man nach Homberg's Angabe auf folgende Art:

Man erhitzt Alaunkryſtalle auf einer Ofenſchaufel ſo lange, bis ſie alles Kryſtalliſationswaſſer verloren haben und ein feines, unrein weißes Pulver bilden. Hierzu ſetzt man eine gleiche Menge Kienruß und gereinigte Pottaſche, mengt alles wohl durcheinander und füllt dieſes ſchwarze Pulver in eine Medicinflaſche, zu welcher man ſich außer einem gut und recht genau paſſenden Korkſtöpſel auch noch einen Kreideſtöpſel beſorgt.

Ein Schmelztiegel, welcher das Glas bequem zu faſſen vermag, wird am Boden mit trockenem Sande beſtreut, auf dieſes wird das Glas geſetzt und dieſes nun innerhalb des Schmelztiegels mit trockenem Sande umſchüttet; dann bringt man den Schmelztiegel ſammt ſeinem Inhalt in einen gut ziehenden Ofen und ſetzt (nach langſamer Erwärmung bis zum lebhafteſten Glühen des Tiegels und des Sandes darin ꝛc.), dieſes Glühen ſo lange fort, bis die Pottaſche ſich zerſetzt hat; dies kündigt ſich dadurch an, daß an der Mündung der Flaſche ein etwa zollhohes bläuliches Flämmchen erſcheint, welches ſich zwar ausblaſen läßt, ſich aber ſofort wieder mit einem leichten

Puffe entzündet. Wenn dies etwa zwei bis drei Minuten gedauert hat, entfernt man die Kohlen und verschließt das Glas mit dem bereit gehaltenen Kreidestöpsel.

So bald der Tiegel nicht mehr glüht, setzt man ihn auf einen Stein und wartet den Zeitpunkt ab, bis sich das Glas so weit verkühlt hat, daß man es mit einem Korkstöpsel verschließen kann, auf das noch warme Glas läßt man in der Gegend, wo sich der Stöpsel ansetzt, einige Tropfen Wachs fallen und überzieht schließlich den ganzen Kork und die Mündung der Flasche damit, nunmehr läßt sich das Präparat ein Jahr und darüber bewahren, ohne die Eigenschaft, wegen deren man es bereitete, die Zündkraft, zu verlieren. Wenn man den Stöpsel öffnet und etwas von dem Pulver ausstreut, so entzündet dasselbe sich und das Papier oder das Brett, worauf es fällt, ja wenn der Pyrophor recht gut war, so entzündet er bereits im Fallen durch die Luft sich selbst und es fällt nur noch Asche zu Boden. Welche Rolle der Alaun hier spielt, wenn er nicht etwa die Masse auflockern soll, ist nicht recht klar, die Kohle aber, gemischt mit den fein zertheilten, zwischen die Kohle gemengten Kalium-Metall, welches aus der Pottasche durch das Glühen mit Kohle reducirt worden war, ist dasjenige, was die Entzündung durch Verdichtung des Sauerstoffes herbeiführt.

Solche Selbstzünder können auf mancherlei Weise gemacht werden, von größerem Interesse aber als eine Beschreibung mehrerer solcher Präparate dürfte eine Mittheilung über die Selbstentzündung des menschlichen Körpers sein. Es giebt nämlich zwar nicht viele, aber doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von medicinisch und gerichtlich festgesetzten Fällen, in denen der menschliche Körper auf eine bis jetzt noch nicht erklärte Weise in Flammen gerathen und ganz oder zum größten Theile verzehrt worden ist. Die Beobachtung von dergleichen ist so wenig neu, daß schon der alte Galenus davon spricht, daß ferner zu Zeiten des Grachus ein Stier auf solche Weise verbrannt sein soll, welches damit begann, daß demselben plötzlich eine schwache, sehr übel riechende Flamme aus dem weit geöffneten Rachen brannte.

Selbstverbrennung.

Der erste Fall in neuerer Zeit, welcher großes Aufsehen erregte, war derjenige, welcher sich zu Cesena, einer Stadt in der Delegation Ravenna im Kirchenstaat, im Jahre 1740 zutrug. Eine Gräfin Cornelia Zangari ward eines Morgens in ihrem Zimmer, unweit ihres Bettes, am Boden liegend, in ein Häuflein Asche verwandelt gefunden, wie die Leute

sagten. Die gerichtliche Ermittelung lief darauf hinaus, daß ein ve
melter Kopf, angebrannte Arme und Beine in der Nähe eines unför
Klumpens thierischer Kohle, Asche und sehr übelriechender animalische
brennungsproducte lagen.

Da die Gräfin bejahrt, sehr corpulent und dem Genuß des A
quino von Zara sehr ergeben war, so sagte die gerichtliche Todtensch
sei in Folge zu häufigen Genusses spirituöser Substanzen der Selbst
dung anheim gefallen und verbrannt. Merkwürdig erschien dabei, d
Zimmer sonst nichts verbrannt war.

Ein andrer Fall war der mit dem italienischen Priester Maria
tholi, welcher plötzlich unter heftigem Geschrei zu Boden fiel, wob
Hauswirth, welcher in diesem Augenblick im Zimmer war, von
Körper an verschiedenen Stellen bleiche bläuliche Flammen auf
sah. Nach wenigen Stunden starb dieser Mann im heftigsten De
und unter gräßlichen Qualen und gerieth in wenigen Stunden in
Grad von Verwesung, welche seinen Körper im eigentlichsten Sinn
fallen machte. Der Mann war aber weder corpulent noch ein V
des berühmtesten Products der Hauptstadt von Dalmatien.

Solche Flammen (wenn der Herr Wirth dieselben wirklich gesehe
die den Tod und ein Schwarzwerden der angegriffenen Glieder na
zogen, in einigen Fällen blos Begleiter einer späterhin geheilten Kr
waren, sind zwar nur selten, aber doch oft genug beobachtet worde
Munke), um die Wahrheit der Sache zu begründen. Dies vor
setzt, haben Einige geglaubt, die beschriebene Zerstörung des mensc
Körpers sei unmittelbare Folge des unmäßigen Genusses geistiger Ge
durch gesteigerte Lebenswärme sei der Spiritus entzündet worden u
Brand habe sich dann weiter verbreitet. Allein man hat die Flamm
den Händen, den Schultern gesehen, wohin sie auf diese Weise ni
langen konnten. Angemessener erscheint demnach die Hypothese Derer,
meinen, durch einen schon im Leben eintretenden Zersetzungsprozeß
etwas von dem im menschlichen Körper vorhandenen Phosphor frei
binde sich mit dem stets vorhandenen, in diesem Zustande aber sich
ders stark entwickelnden Wasserstoff — dieses Gas entzünde sich beir
tritt des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft und bedinge die Verbrennu
mit der ohnehin beginnenden und schnell gesteigerten Zersetzung die ra
Glü gehende Auflösung des Körpers. Eine gewichtige Unterstützung g
bis t Munke's Annahme diese Ansicht dadurch, daß Personen, welc
der Me, namentlich destillirte Getränke zu sich nehmen, sehr stark
welches hor riechen.

Was man bis zu jener Zeit von der Sache wußte oder zu wiſſen
ngab, läuft darauf hinaus, daß niemals ein Zeuge bei der ſogenannten
elbſtverbrennung war, man ſich aber doch wie durch den Mund von
ugenzeugen erzählt, der Körper eines ſolchen Unglücklichen ſei bis auf
e Extremitäten verbrannt, Gegenſtände verbrennlicher Natur aber, die ſich
t in großer Nähe des verbrannten Körpers befunden, ſeien von den Flam-
en nicht mit ergriffen worden.

Zuweilen ſoll ſich die Luft in den Athmungs- und Schlingorganen ent-
ndet haben, es ſoll eine Flamme aus dem Munde gefahren ſein, welche
n Erſtickungstod zur Folge hatte. Nur bejahrte, ein unthätiges Leben
hrende, dem Trunk ergebene Perſonen ſollen der Verbrennung unterliegen;
n Feuer war immer in der Nähe des Verunglückten (Selbſtentzündung im
entlichen Sinne des Wortes iſt es alſo nicht), ſollte es auch nur ein Licht
er eine Lampe geweſen ſein. Die Verbrennung erfolgte im Laufe einiger
tunden, die erzeugte Flamme war leicht beweglich, beſchädigte andere Ge-
nſtände nur, wenn ſie ganz nahe in unmittelbarer Berührung mit dem
tzündeten Körper waren. Der Raum, in welchem die Verbrennung vor
h gegangen, war mit einem durchdringenden empyreumatiſchen Geruch er-
llt, die gebildete Aſche und die thieriſche Kohle war mit einer ſchmierigen
ttartigen Feuchtigkeit von entſetzlichem Geruch bedeckt, der Rumpf war ge-
öhnlich ganz verzehrt, der Kopf und die anderen Extremitäten blieben ge-
öhnlich übrig. So ſagt Kopp in ſeiner ſehr ausführlichen Unterſuchung
er die Selbſtverbrennung.

Widerlegung der Anſicht.

Merkwürdig iſt bei Alledem, daß man niemals einen Menſchen findet,
r die Selbſtverbrennung eines andern Menſchen mit angeſehen hat. Der
erfaſſer hegte aus dieſen Urſachen einen beſcheidenen Zweifel gegen die
hre von der Selbſtentzündung, er hat auch in ſeinen jungen Jahren ein
eiſpiel eines Todesfalles erlebt, welches zur Verbrennung die beſte Gele-
nheit gegeben hatte und doch nicht derartiges geſehen.

Der Vorfall war dieſer:

erlin befand ſich unfern des Königſtädtiſchen Theaters ein Kaffee-
es von den Theatergängern häufig des Abendeſſens wegen auf-
t. Daſſelbe theilte ſich in einige Unterabtheilungen. An dem
r Lokalität war eine Schänke, an welcher Getränke aller Art
außer dem Hauſe verkauft wurden, dann kam ein großer
Billardſpieler und Zuſchauer, und hieran ſchloſſen ſich die

Zimmer für die Raucher und Speisegäste, alle Thüren waren jedoch aufgehoben, so daß die ganze Doppelreihe von Zimmern zu übersehen war, und man wohl hören konnte, wenn irgend wo etwas besonders Geräuschvolles vor sich ging.

Etwas Derartiges rief auch den Verfasser nebst allen übrigen Gästen von seinem Mahl zum Schenkzimmer. Da lag ein Mensch am Boden, unter den fürchterlichsten Krämpfen und unter Gebrüll: „ich verbrenne, ich verbrenne" seinen Geist aushauchend.

Es war ein Tagelöhner, ein Säufer, berüchtigt wegen der großen Quantitäten Branntweins, welche er trinken konnte, ohne daß sie ihn berauscht machten. Derselbe hatte oft gewettet, ein Quart gewöhnlichen Branntweins hinter einander stehenden Fußes zu trinken. Er war einem bei der Schenke anwesenden Manne bekannt, der diesen Mißbrauch seines Körpers den Gästen erzählte. Der Cafetier Müller sagte lachend: „nun das muß schönes Zeug sein, von meinem Schnaps trinkt er kein Quart." Dies verletzte das point d'honneur des Säufers und er bot eine Wette an; Müller wollte nicht wetten, einige Andere schlossen eine solche Wette um zwei Thaler, welche von dem Verlierenden der Tagelöhner erhalten sollte, falls er das Quart Branntwein wirklich vertilgte. Der Mann that, was er versprochen, er trank das Quart aus; es war jedoch nicht Branntwein, sondern Spiritus und dieser lähmte seine Magennerven, indem er das Wasser der Magenwände an sich raffte; der Mann stürzte zu Boden und dies war es, was nebst dem Geschrei des Unglücklichen die übrigen Gäste herbeigezogen.

Es war Abend, der Mensch stieß furchtbar riechende Luftmassen von sich, Lichter standen neben ihm an der Erde; er starb an einem inneren Verbrennen in Gegenwart des Verfassers, doch nicht an einem äußeren, es kam ihm keine Flamme aus dem Halse, es brannte sein Athem nicht an, das Verbrennen seines Innern war auch nur insofern eins, als Spiritus brennt, das Gefühl des Brennens verursacht, wenn er innerliche Theile, Mund, Speiseröhre, Magen berührt, aber keineswegs ein solches, das seinen Körper zerstörte.

Dies gab schon damals dem Verfasser Anlaß, die Selbstverbrennung im strengsten Sinne sehr zu bezweifeln und Justus Liebig hat schon im Jahre 1844 die Möglichkeit der Selbstverbrennung nicht bestritten, sondern wissenschaftlich widerlegt. Dennoch kam man von der Meinung, daß sie möglich sei, keineswegs völlig zurück und das unglückliche Ende der Gräfin Görlitz fachte den Zweifel und den Streit über die Möglichkeit wieder an. Diese Dame war am 13. Juni 1847 in ihrem verschlossenen Zimmer

dt gefunden worden, unter Umſtänden, welche geſtatteten, an eine Selbſtverbrennung zu denken. Es wurden ſogleich ausgezeichnete Gelehrte, wie Biſchoff und Liebig, darüber ausführlich vernommen, beide erklärten ſich doch gegen die Annahme einer Selbſtverbrennung, obſchon der Stabsarzt v. Siebold für dieſe Anſicht eintrat.

Was nun die neueſte Zeit ſchließlich hierüber gebracht hat, iſt Folgendes: der eigentliche Hergang bei der Verbrennung (die Verbindung des Sauerſtoffs mit dem verbrennenden Körper ꝛc.) iſt erſt ſeit Lavoiſier bekannt und H. Davy hat erſt die Bedingungen des Verbrennens ermittelt, ſie paſſen zu den Erzählungen von Selbſtentzündung und Verbrennung gar nicht. Die mediciniſchen Annalen zählen im Ganzen 48 Fälle auf, in denen eine Verbrennung des menſchlichen Körpers ſtattgehabt haben ſoll; faſt alle dieſe Fälle ereigneten ſich im Winter, an Betrunkenen und in Ländern, in denen mit offenem, mit Kaminfeuer geheizt wird, in England, Holland, Frankreich und Italien, dagegen in Deutſchland und Rußland, wo man mit Oefen heizt, ſind ſolche ſogenannte Selbſtverbrennungen nur zweimal unter den 48 vorgekommen und bei dieſen iſt zwar kein Augenzeuge zu ermitteln, wohl aber feſtzuſtellen geweſen, daß Brennmaterial vorhanden war. Man weiß in der Regel nicht, wie viel Zeit verſtrichen iſt von da, wo man den Verunglückten zuletzt geſehen, bis dahin, wo man ſeinen Leichnam aufgefunden.

Gewichtigſte Gegengründe.

Gleich wie in der Bauchhöhle todter Thiere ſich brennbares Gas entwickelt, glaubte man für die Selbſtverbrennung von Menſchen etwas Aehnliches, eine Gasentwickelung annehmen zu müſſen, welche entweder von ſelbſt durch Berührung mit der Atmoſphäre (wie das oben angeführte Phosphorwaſſerſtoffgas) oder durch Annäherung von Licht entzündet werde. In lebenden Körpern hat man ſolche Gasentwickelung noch niemals beobachtet (wenn die Krankheit, welche man Trommelſucht nennt und welche in einer ſehr beſchwerlichen, häufig oder ſogar meiſtentheils den Tod nach ſich ziehenden Gasentwickelung in den Gedärmen ſowohl als in der Bauchhöhle, nicht hierher gehört?), in todten Körpern findet ſie allerdings ſtatt und nach Oeffnung der Bauchhöhle läßt ſich das darin enthaltene Gas auch anzünden, allein es verbrennt den Körper nicht mit, ja es trocknet die naſſen Häute und die durchſchnittenen Fleiſchtheile nicht einmal oberflächlich; der Phosphorwaſſerſtoff, welcher ſich allerdings durch den bloßen Zutritt der Luft, ohne Annäherung einer Flamme entzündet, wird weder in lebenden noch in todten

Thieren, weder bei geſunden noch bei kranken Menſchen gefunden, ja Liebig erklärt es ſogar für unmöglich, daß ſolches Gas ſich im thieriſchen Körper bilde. Was ſo am gewöhnlichſten als Urſache der Selbſtverbrennung angenommen wird, ſtarke Fettbildung und ungewöhnlich häufiger Genuß von geiſtigen Getränken muß geradezu als unhaltbar verworfen werden. Noch Niemand hat wohl den reichhaltigſten Speck eines Schweines brennen geſehen, ſelbſt wenn ein Stück davon ins Feuer geworfen wird, ſchweelt es, verbreitet einen ſehr üblen Geruch und verdampft, der Dampf entzündet ſich dann, aber der Speck ſelbſt (vorausgeſetzt daß er nicht geräuchert war) brennt nicht ohne ein ſehr energiſches Feuer, weil es viel zu viel Waſſer enthält, wie alle Theile eines lebenden Thieres. Die Spuren eines Verbrechens, eines Mordes durch das Feuer zu vertilgen, iſt eben dieſer wäſſerigen Beſchaffenheit des Körpers wegen ſo ſchwer, denn ſelbſt Horn und Knochen, noch die feſteſten und am leichteſten verbrennlichen Theile des Thieres enthalten im friſchen Zuſtande noch 75 pCt. Flüſſigkeit und die Tränkung des Körpers mit Alkohol iſt reiner Unſinn. Der Branntwein, welchen Tagelöhner trinken, brennt nur, wenn er ſtark erhitzt wird, denn er hat nicht über 30 pCt. Alkohol; der Liqueur, den Damen mitunter gern trinken, beſonders wenn ſie ein gewiſſes Alter überſchritten haben, enthält, wenn auch etwas mehr Alkohol, doch ſo viel Fruchtſäfte, Waſſer und Zucker, daß auch er eben ſo wenig verbrennlich iſt als Branntwein. An ein Durchdringen des Körpers mit dem Alkohol, welcher im Körper von dem Liqueur abdeſtillirt iſt, zu denken, kann nur Jemandem einfallen, der nicht die mindeſte Kenntniß von der Ernährung des menſchlichen Körpers hat. Dies läuft der Anſicht parallel, nach welcher der Rauſch dadurch entſteht, daß der Weingeiſt dem Trinker in das Gehirn ſteigt. Für dieſen Fall hatte allerdings Herr von Münchhauſen das rechte Mittel gefunden: ihm war bekanntlich der ganze obere Theil des Hirnkaſtens glatt abgehauen worden, er trug daher einen ſilbernen Hirnſchädel, künſtlich mit einer Tour bedeckt. Wenn er, der ein großer Freund guten Weines war, nun merkte, daß derſelbe ihm zu Kopfe ſtieg, ſo lüftete er den Deckel ein wenig, ließ den Weingeiſt entweichen und war hiermit wieder völlig nüchtern und im Stande, neue Quantitäten zu conſumiren.

Auf ſolche Weiſe wird der thieriſche Körper nicht ernährt, auf ſolche Weiſe bildet ſich Blut und Fleiſch nicht, dies Alles kann alſo nicht Urſache der Selbſtverbrennung ſein.

Die arme unſchuldige Elektricität, auf welche man gern Alles laden möchte, hat auch hierbei herhalten müſſen und man hat gefragt, ob denn dadurch keine ſolche Zündung und Verbrennung möglich ſei. Nun iſt es

erdings erwiesen, daß Thiere und Menschen Elektricität entwickeln, unter
nständen können sie auch kleine Fünkchen geben, wie die Katzen, allein
r größte Funke der größten Elektrisirmaschine hat weder den Rock noch
s Hemde eines Experimentators angezündet oder nur angesengt, wie viel
niger einen Körper entflammt, der so schwer brennt wie der thierische,
er der vielmehr gar nicht brennt, sondern nur zerstört werden kann durch
s Feuer.

Aus Allem geht hervor, daß Selbstverbrennungen nicht möglich sind
dem Sinne, in welchem wir davon gesprochen und da die Thatsachen
sich vorliegen, so muß angenommen werden, die Verbrennungen seien
rch äußere Veranlassung entstanden, vielleicht liegen den meisten Fällen
rbrechen zum Grunde, welche durch die Verbrennung des Körpers des
mordeten verdeckt werden sollten, wozu denn der Aberglaube der Leute
ht willig die Hand bot.

Kann man sich darüber wundern, daß ungebildete Leute solche Mähr-
n glauben, wenn noch im Jahre 1852 ein großherzoglich hessischer Staats-
t ein solches Gutachten, wie das gedachte, bei der Ermordung der Gräfin
rlitz abgeben konnte? Die Dame war allerdings durch Feuer furchtbar
schädigt und entstellt, aber man fand die Holzkohlen neben ihr aufgehäuft
d zerstreut, man fand die verschiedenen Stellen, an denen die Entzündung
rsucht worden war, fand die Beschädigungen an Möbeln ꝛc. und doch kam
an vorläufig nicht auf einen Mord, bis die Stimme des Publikums ein
lsches Opfer bezeichnete, da dann endlich eine Untersuchung durch dieses
lbst beantragt, eingeleitet und nun der Mörder entdeckt wurde, der denn
ch nach Jahre langem beharrlichen Leugnen und erst, nachdem er bereits
lebenslänglicher Zuchthausstrafe abgeführt worden war, ein umfassendes
kenntniß über seinen unter den entsetzlichsten Umständen verübten Raub-
rd und über den Versuch, den Körper durch Feuer zu zerstören, damit
an an Selbstverbrennung denken solle, ablegte.

Somit wäre dieser Gegenstand, welcher Jahrhunderte lang in den
öpfen selbst aufgeklärter und gelehrter Leute spukte, abgethan, und wir
llen ihn nicht ferner unter die Ursachen der Wärme zählen.

Chemische Mischungen.

Andere chemische Mischungen und Entmischungen bleiben uns aber noch
betrachten.

Es ist eine merkwürdige Eigenschaft verschiedener Substanzen, welche
rbrennlich sind oder Verbrennung zu unterhalten vermögen, sich durch

Mischung mit einander in diesen Eigenschaften zu unterstützen und sie gewissermaßen zu erhöhen. Phosphor und Schwefel sind brennbar, beide mit einander verbunden sind es in einem viel höheren Grade, als wenn sie vereinzelt stehen, Salpeter ist brennbar und vermag auch wegen seines großen Sauerstoffgehaltes die Verbrennung anderer Körper zu unterhalten, Schwefel und Kohle sind mäßig brennbar, es gehört schon eine bedeutende, bei einem und dem andern eine anhaltende Erhitzung dazu, um sie zu entzünden.

Mit einander gemengt, genügt der Funke eines geschlagenen Feuerstahles, ja genügt der Funke einer Leidner Flasche, welcher kaum den zehnmillionsten Theil einer Secunde dauert, dies Gemenge, was man Schießpulver nennt, zu entzünden, und indeß die einzelnen Theile nur eben brennbar sind, ist die Mengung eine höchst gefährliche explodirende Substanz.

Wasserstoff ist brennbar, doch nur an seiner Oberfläche, wo er mit der Luft in Verbindung tritt. Hat man einen langen Cylinder mit Wasserstoffgas gefüllt, mit der Mündung nach unten gerichtet und bringt man ein Wachslichtchen, auf einen langen Draht gesteckt, hinein, so entzündet sich das Gas an der Mündung des Cylinders, der hineindringende Wachsstock aber erlischt, beim Zurückziehen entzündet er sich wieder an der Oberfläche des Gases, welches brennt, beim abermaligen Eintauchen verlischt er wieder.

Sauerstoffgas selbst ist nicht brennbar, wiewohl es zu den Verbrennungen in der Regel unentbehrlich ist.

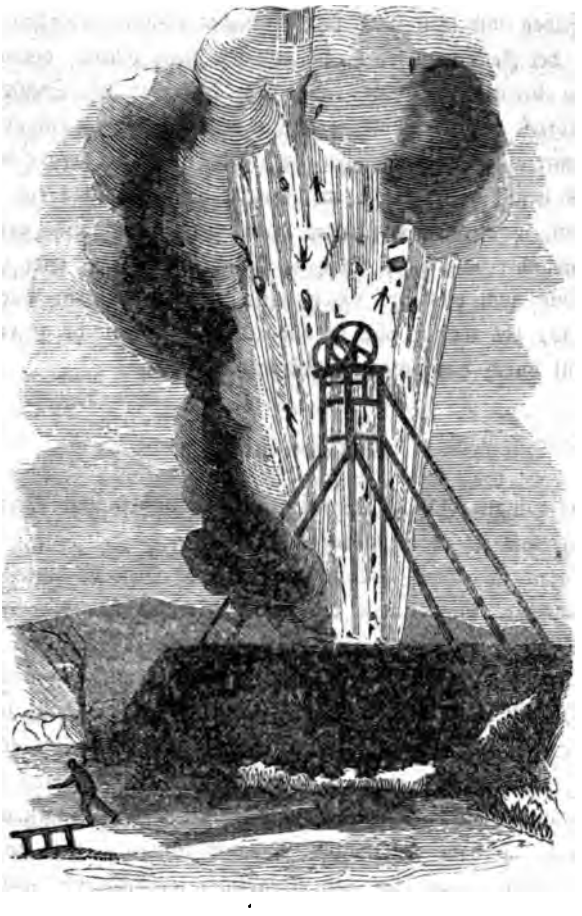
Mischt oder mengt man diese beiden Gasarten mit einander, so kann man sie Jahre lang aufbewahren, sie verbinden sich weder in dem Verhältniß, in welchem sie in der Natur vorkommen (zwei Theile Wasserstoff und ein Theil Sauerstoff bilden Wasser), noch in irgend einem bekannten mit einander; gäbe es ein Filtrum für Gasarten, wie es ein Filtrum für die Wärme giebt (das Metallnetz, welches die Wärme von der Flamme trennt, die brennbaren Gase durchläßt, die Flamme aber nicht), so würde man noch nach Jahre währendem Beisammenstehen das Wasserstoffgas von dem Sauerstoffgas abfiltriren können, denn eine Verbindung findet zwischen diesen Gasen so wenig statt wie zwischen Kohle, Salpeter und Schwefel.

Nun kommt man mit einem Licht oder mit einem elektrischen Funken dazu und augenblicklich ist die chemische Verbindung geschlossen, das Gasgemenge hat sich in Wasser verwandelt, welcher in Dampfform sich an die Wände des Gefäßes niederschlägt, in welchem man die Verbindung vornahm, allein die Gewalt, mit welcher dies geschah, ist so furchtbar, die Detonation so entsetzlich, daß $\frac{1}{8}$ Kubikfuß dieses Gemisches, welches man Knallgas nennt, ein Gewicht von $\frac{1}{4}$ Loth hinlänglich ist, um eine Bombe zu sprengen und einen Knall verursacht, welcher einen Menschen taub machen kann.

Böſe Wetter.

Leider kommen die Detonationen dieſer Gasart, wie ſie ſich mit Kohlen-
ſ in Steinkohlenbergwerken entwickelt, nur gar zu oft vor, die hier
hende Fig. 287 kann nur in ſchwachen Umriſſen das Entſetzliche eines
lchen Vorganges andeuten. Die Kohlenminen haben weite geräumige

Fig. 287.



länge und Gallerien, welche an die Stelle der Kohlen getreten ſind, die
an dem Schooß der Erde entnommen hat. In dieſen Gewölben, Schachten
d Stollen befindet ſich atmoſphäriſche Luft, welche durch den Schacht
dringt und ohne welche die Arbeiter ja nicht exiſtiren könnten.

Wenn nun eine Kluft durch den Meißel geöffnet wird, in welcher gekohltes Waſſerſtoffgas befindlich, ſo ſtrömt daſſelbe, das gewöhnlich ſtark comprimirt war, aus und erfüllt die Stollen und Schachte, in denen es ſich mit der atmoſphäriſchen Luft mengt.

Würde es dort tageshell ſein, ſo hätte dies noch keine Gefahr, denn das Verhältniß der Miſchung iſt kein für den Athmungsprozeß ſo nachtheiliges, daß große Beſchwerden oder wohl gar der Tod auf das Einathmen folgen müßte, allein die Leute bedürfen der Grubenlampe und ſo wie die Flamme derſelben mit dem Gas in Berührung kommt, explodirt es. Was die Leſer auf der Zeichnung ſehen, iſt nur der letzte Erfolg, der vulcanartige Ausbruch des brennenden Gaſes aus dem Schacht; die Steine, die verſtümmelten Körper der Bergleute, welche in dem Feuerſtrahl emporgeſchleudert werden, ſind nur die Reſte derjenigen Unglücklichen, welche gerade in der Nähe des Schachtes befindlich geweſen, im Innern aber iſt Alles ein Feuermeer, was Leben hat, wird durch Erſtickung oder durch die Flamme getödtet, was von Menſchenhand erbaut war, Stützen, Wände, Gewölbe, wird zertrümmert und Alles, was noch vielleicht Leben hätte, in den fernſten Verzweigungen des Bergwerks, bis wohin das brennbare Gas noch nicht gedrungen war, wird zermalmt durch das zuſammenſtürzende Gebirge.

Die Sicherheitslampe.

Da könnte man ſolch ein Wärmefiltrum brauchen und Davy hat den Leuten gezeigt, wie ſie es anzuwenden haben.

Wenn man in eine Lichtflamme ein feines Gewebe aus Kupferdraht bringt, ſo ſchneidet man damit die Flamme völlig ab, die Gaſe, welche verbrennen könnten, dringen durch das Netz, allein die Wärme wird durch das Metall, welches ſie in ſich aufnimmt, gehindert mitzugehen und ſo ſind die Gaſe abgekühlt. Das Erwärmen iſt eine Arbeit. Der Menſch hat das Oel, Talg ꝛc., den Brennſtoff ſo weit erhitzt, daß er ſelbſt eine Flamme giebt; nun giebt er dieſer Flamme eine andere Arbeit, ſie ſoll ein Drahtnetz erhitzen, aber auch darüber fortbrennen; die Wärme dagegen thut Einſpruch, ſie ſagt: ich habe jetzt etwas Anderes zu thun, was meine Kräfte in Anſpruch nimmt, wenn ich das Drahtnetz weißglühend gemacht haben werde, dann werde ich verſuchen, die Flamme außerhalb wieder herzuſtellen.

Das gelingt aber der Wärme einer Lichtflamme nicht, ſie hat vollauf zu thun, das Netz ſo heiß zu machen, daß man es nicht anfaſſen kann, aber dies genügt nicht zur Entzündung der Flamme und darauf ſtützte Davy ſeine Erfindung. Die Sicherheitslampe unterſcheidet ſich von einer gewöhn-

jen Lampe in gar nichts weiter, als daß sie statt eines Glascylinders
en solchen von Drahtgaze hat. Je feiner die Maschen sind, je besser
s Metall, woraus sie gewebt, die Wärme leitet, d. h. je leichter die
ärme, welche es an einer Stelle empfängt, sich über die ganze Masse
breitet, desto gesicherter ist man gegen die Entzündung des Gasgemenges,
welchem sie brennt. Dabei hat sich die merkwürdige Thatsache offenbart,
ß jenes tödtliche Gasgemenge, in welchem die Davy'sche Lampe brennt,
: Maschen nur erhitzt und nicht von innen nach außen durchdringt, sondern
ß es umgekehrt von außen der Flamme zuströmt und den Drahtcylinder
ig erfüllt, dergestalt daß, da die brennende Masse 50 Mal größer ist als
Flamme der Lampe ohne dies Zuströmen des brennbaren Gases sein
rde, sie auch nichts an Leuchtkraft verliert, obwohl viel mehr Draht als
chsichtige Stellen in dem Cylinder vorhanden sind.

Leider haben die Arbeiter nicht genug Verstand, um einzusehen, welche
ohlthat ihnen mit dieser Erfindung geworden ist, und um eine Pfeife
bak anzuzünden, setzen sie ihr Leben, das von 400 Mitarbeitern und die
istenz ihrer Familien jeden Augenblick auf das Spiel.

Explodirende Pulver.

Wie hier die Mischung der beiden Gasarten ihnen eine solche explo-
irende Kraft giebt, so bei dem Schießpulver die Mischung der festen Sub-
anzen, aus denen bei ihrer Verbrennung sich Gase entwickeln, welche die
ngeheure Wirkung hervorbringen, die wir an dem Producte der Mischung
nnen. Die Gase, nämlich Kohlensäure, Stickstoffgas, nehmen ungefähr
n 380fachen Raum des Schießpulvers ein, die Hitze, welche bei dem
erbrennen des Salpeters entsteht und die man sicher nicht zu hoch mit
00 Grad annimmt, dehnt diese Gase noch auf das Vierfache des Raumes
us, den sie hätten, wenn man sie kalt erzeugen könnte; dazu kommt noch
ine Substanz, welche sich aus den Stoffen bildet, die man vor der Ver-
rennung mengte. Aus dem Schwefel nämlich und dem Kali des Salpeters
ildet sich Schwefelkalium (welches den üblen Geruch des Schießpulvers
im Abbrennen verursacht) und dieses verdampft bei der großen Hitze gleich-
alls und vermehrt die Menge und den Druck der Gasarten auf das Pro-
til, so daß man wahrscheinlich nicht zu viel thut, wenn man die Wirkung
ines Schießpulvers so anschlägt, als ob plötzlich eine 2000 Mal so große
alte) Luftmasse als die Pulvermasse war, auf die Kugel wirkte, besonders
enn man die jetzigen Verbesserungen am Lauf, an der Art der Ladung
o hinsichtlich der Entzündung des Pulvers von vorn nach hinten berück-

sichtigt. Auf diese letztere hat man ein großes Gewicht zu legen, da sie verhindert, daß das von der Schwanzschraube her entzündete Pulver durch seinen Druck noch unverbranntes Pulver aus dem Laufe wirft, welches natürlich dann nicht zur Wirkung auf das Geschoß kommen kann, indeß, wenn das Pulver von der Kugel her (wie bei den Zündnadelgewehren) rückwärts gehend brennt, auch nicht ein Körnchen unverbrannt verloren geht.

Knallpräparate.

Die Wärmeentwicklung durch gemischte Körper hat eine vielfache, wenn auch nicht immer die erwartete Anwendung in der Technik erhalten, es gehören dahin die sogenannten Knallpräparate: Knallgold, Knallsilber, Knallqueckſilber ꝛc., welche nicht wie das Schießpulver erst durch Feuer entzündet werden dürfen, sondern schon durch Stoß oder Reibung, selbst bei einem geringen Grade derselben auf das Gewaltsamste explodiren. Diese Präparate enthalten eine eigenthümliche Säure, die Knallsäure, und wenn zwei derselben keine andere Anwendung gefunden haben, als etwa um in Vorlesungen über Chemie Unterricht über die Wirkungen derselben zu ertheilen, so hat dagegen das Knallqueckſilber eine sehr weit verbreitete technische Anwendung zu den Zündhütchen bei Feuergewehren gefunden.

Das höchst gefährliche Präparat wird dargestellt, indem man Quecksilber in Salpetersäure auflöst und die Lösung in rectificirten Weingeist gießt. Bei mäßiger Erwärmung dieses Gemisches beginnt ein starkes Aufbrausen und eine Entwicklung von weißem Rauch, worauf das Knallqueckſilber sich aus der Flüssigkeit niederschlägt, von derselben durch das Filtrum getrennt und auf diesem sehr sorgfältig ausgewaschen wird. Das getrocknete Präparat (sehr schwierig aufzubewahren, weil es durch Druck, Reibung, Stoß, durch den elektrischen Funken, durch brennenden Zunder, durch concentrirte Schwefelsäure zum Detoniren gebracht wird) ist dasjenige, welches man zu den Zündhütchen braucht. Wie gefährlich es sei, damit umzugehen, möge das Folgende zeigen.

In einer Fabrik solcher Zündhütchen am Rhein wollte ein junger Mann, der Inspector und Chemiker der Fabrik, seine Untergebenen warnen vor der leider so leicht einreißenden Unvorsichtigkeit bei täglichem Spielen mit der Todesgefahr, und er zeigte ihnen eine ganze Hand voll Papierkapseln, auf deren jeder Knallqueckſilber getrocknet, darauf aber sorgfältig entfernt worden war, so daß man auf dem Papier nichts mehr sah. Er erklärte, daß dennoch davon auf dem Papier so viel zurückgeblieben, um eine Explosion — wenn schon unschädlich — zu veranlassen. Indeß er um

[illegible]ge dreißig solcher offenen Papierblätter in der linken Hand hielt, nahm [illegible] zwischen Daumen und Zeigefinger beider Hände ein einzelnes Blatt und [illegible]b dasselbe zwischen den Händen. Es entstand eine Explosion, bei weitem [illegible]ker als er erwartet und man bemerkte, daß alle Papiere detonirt hatten; [illegible] Inspector sagte noch: „Himmel, wenn nur kein Unglück geschehen ist!“ [illegible]hm selbst war schon das größte Unglück geschehen, denn beide Hände waren [illegible]hm weggerissen, es hingen an den Stummeln der Arme nur noch einzelne [illegible]ehnen und Hautlappen. Die Explosion hatte eine so furchtbar rasche [illegible]irkung gehabt, daß er nicht einmal den Verlust der beiden Hände ge[illegible]hlt hatte.

Dieses höchst gefährliche Präparat benutzt man nun auch noch zu [illegible]allerbsen, Knallbonbons, Knallfidibus (die schlechteste Anwendung, weil sie [illegible]em Angeführten die Augen kosten kann, da die Explosion dicht vor seinen [illegible]ugen entsteht) und es sollten diese Spielereien wohl eigentlich verboten [illegible]in, da sowohl die Aufbewahrung als der Verbrauch sehr üble Folgen nach [illegible]ch ziehen kann. Der Verfasser hat gesehen, wie eine Dame ihrem Töchterchen ein Knallbonbon gab, das zufällig fester in der Papierhülse saß und deshalb von dem Kinde mit dem Papier in den Mund gesteckt wurde; die Explosion erfolgte natürlich beim Zerbeißen und das arme Kind verlor drei Backzähne und trug eine höchst gefährliche Verletzung der Mundhöhle davon.

Chlornatrium.

Das früher sogenannte oxydirte salzsaure Kali, welches die neuere Chemie einfacher als chlorsaures Kali nennt, gehört gleichfalls zu jener wunderbaren Gruppe von explodirenden Körpern, welche ihre detonirende Gewalt nur durch die Mischung verschiedenartiger Substanzen erhalten.

Chlor ist jener einfache Körper, der in großer Verdünnung in der Luft vertheilt Ansteckungsstoffe vernichtet, die Luft reinigt, in noch größerer Menge eingeathmet Schnupfen und Katarh, Husten, Brustbeschwerden, in noch größerer Bluthusten, Zusammenziehung der Athmungswerkzeuge bis zum Erstickungstode herbeiführt. Chlor ist diejenige Substanz, welche in geringer Menge mit Wasser gemischt das sogenannte Bleichwasser giebt, das zum Bleichen von Papier, Baumwolle, Leinwand ohne Nachtheil für diese Substanzen verwendet wird, sie jedoch völlig zerstört, wenn sie nach der verlangten Bleichung nicht vollkommen entfernt wird. Es ist die wunderbare Substanz, welche im Magen und in der Lunge ein furchtbares, schnell, aber unter gräßlichen Schmerzen zerstörendes Gift, mit einem andern eben so

fürchterlichen, einem nicht athembaren Gifte, dem Natriummetall gemischt, ein unentbehrliches Würz- und Auflösungsmittel für fast alle unsere Speisen, das Kochsalz liefert. Chlor ist die wunderbare Substanz, welche mit einigen andern Elementen, mit dem Stickstoff, dem Schwefel, dem Kalium und dem Sauerstoff jene Knallpräparate liefert, welche in kleinen Mengen (mit Ausnahme des Chlorstickstoffes) zu technischen Zwecken höchst brauchbar, in großen Massen wegen der furchtbar detonirenden Wirkung gar nicht anwendbar und nur für die Chemie nicht von Interesse ist.

Der Chlorstickstoff, dessen Entdeckung H. Davy eine Hand und ein Auge kostete, ist eine Verbindung, welche man erhält, wenn man Chlordämpfe durch eine Ammoniaklösung streichen läßt.

Das uns für die Lehre von der Wärme mehr interessirende Salz, das chlorsaure Kali, verbrennt unter sehr verschiedenen Umständen, theils leicht, theils schwerer und wird deshalb technisch häufig angewendet. Auch hier sieht man wieder eintreten, was bisher von den ähnlichen Substanzen gesagt wurde, daß sie durch Mischung ihre Verbrennungsfähigkeit sehr erhöhen. Das chlorsaure Kali an sich bringt man nicht zum Explodiren durch Reibung oder Stoß, wenn man aber in einen Serpentin- oder Porzellanmörser Schwefelblumen (natürlich in höchst geringer Menge, nicht mehr als ein paar Gran) zerreibt und ein paar Blättchen des chlorsauren Kalis dazu thut, so hört man während des Reibens ein fortwährendes Knistern, das plötzlich in einen heftigen Knall übergeht, welcher den Stempel empor schleudert, falls der Mörser nur einigermaßen eng war. Hat man es nicht bis dahin kommen lassen und schüttet man das Pulver aus der Reibeschale und wischt dieselbe mit einem Tuche aus, so ist dies schon genug, das Knistern hören zu lassen.

Wenn man von dem Salz einen Gran etwa und halb so viel Phosphor in ein Stückchen Papier einwickelt, auf einen Ambos legt und einen Schlag mit dem Hammer darauf führt, so entsteht eine furchtbare Explosion, welche Hammer und Ambos erschüttert, den Hammer so zurückwirft, daß man Mühe hat, ihn in der Hand zu behalten. Der umhersprühende, brennende Phosphor kann sehr gefährlich werden.

Zündhütchen, Zündhölzchen.

Die außerordentlich leicht zu bewirkende Entzündung durch Druck oder Stoß giebt diesem Gemisch eine technische Verwendung, welche viel allgemeiner geworden ist als die des Knallqueckſilbers. Ein Zündpulver bereitet man aus diesem Salze, Schwefel, Bärlappsamen und etwas Salpeter

Die Zündkügelchen werden aus chlorsaurem Kali, Schwefel und Kohlenpulver bereitet, mit Tragantschleim zu einem Teig gerührt, aus welchem man kleine Kügelchen formt, die in die Patronen für Zündnadelgewehre gebracht, durch den Stoß der Nadel entzündet werden.

Die sonstmals in wahrhaft unermeßlicher Menge verbreiteten chemischen Zündhölzchen danken das Glück, welches sie gemacht haben und die außerordentliche Verbreitung der leichten Entzündlichkeit des chlorsauren Kali, welches nur einer Spur von Befeuchtung mit Schwefelsäure bedurfte, um zu explodiren. Die neuere Zeit hat es vorgezogen, die Schwefelsäure als Zündmittel fortzulassen und die Reibung dafür zu setzen. Bleibt man als Zündstoff bei dem chlorsauren Kali, so ist die Entzündung immer mit einer kleinen Verpuffung verbunden und die Bereitung der Masse im Großen zur technischen Verwendung ist mit Gefahr verknüpft, daher hat man sich an den Phosphor als Zündstoff gewendet.

In einer Auflösung von Gummi arabicum verreibt man sorgfältig und unter einer Erwärmung auf 50 Grad 9 Theile Phosphor, 16 Theile geschlemmten Braunstein und 14 Theile Salpeter. Man setzt jeden folgenden Bestandtheil nicht früher zu, als bis man glaubt, den ersten vollkommen gleichmäßig verrieben zu haben, Salpeter kommt immer zuletzt. Die leicht mit Schwefel überzogenen Hölzchen werden in diese Mischung getaucht, so daß sie an der Spitze ein kleines Knöpfchen erhalten; nach dem vollständigen Trocknen giebt man ihnen wohl noch einen Ueberzug von Firniß, um sie vor Feuchtigkeit zu schützen und um zu verhindern, daß der Sauerstoff der Luft sich mit dem Phosphor früher als beim Zünden verbinde.

Man kann auch den Schwefel fortlassen, wenn die Hölzchen auf der einen Seite einen Augenblick in Oel getaucht werden (natürlich nicht einzeln, sondern tausendweise), dies bewirkt, daß sie sich bis zur Hälfte ihrer Länge damit tränken und durch den Phosphor und Salpeter allein, ohne Dazwischenkunft des Schwefels entzündet werden. Die geringfügigste Reibung bewirkt dies.

Die hier genannten explodirenden Substanzen (Knallgold, chlorsaures Kali ꝛc.) entbinden zwar viel weniger Gase als das Schießpulver, aber auf eine viel plötzlichere Weise, daher ist ihr Stoß in der nächsten Umgebung viel gewaltiger als der des Pulvers, eine Kugel hingegen treiben sie nicht fort. Hieran scheitern die Versuche, sie (diese Knallpräparate) auf Geschütze anzuwenden. Statt des Salpeters hat man chlorsaures Kali mit dem Schwefel und der Kohle gemengt, daraus Schießpulver bereitet und gehofft, damit die Kugeln viel weiter zu treiben als mit dem gewöhnlichen Pulver; es wurde eine Kanone geladen, beim Abfeuern riß dieselbe der ganzen

Länge nach auf und die Kugel fiel 20 Schritte weit von der Mündung zu Boden.

Wo Widerstand ist, wird derselbe überwunden. Knallsilber in gebender Menge auf einem Tische, auf einer 3 Zoll dicken Granitplatte liegend, schlägt durch dieselbe hindurch und läßt den darauf gelegten Schachteldeckel unbeschädigt. Schießpulver in derselben Menge verpufft ohne Geräusch und geschieht es von einem aufgespannten Papierbogen, so wird nicht einmal dieser durchgeschlagen; das Schießpulver dagegen eingeschlossen treibt eine Kugel viele hundert, ja viele tausend Schritte vor sich her, ohne dem Lauf zu schaden, das Knallpulver läßt die Kugel liegen und zertrümmert den Lauf. Doch hat man durch Zusatz von Substanzen, welche die plötzliche Entzündung hindern, dieselbe in eine langsamere verwandeln, dieselben Knallpräparate benutzen gelernt, man hat Feuergewehre ohne Pulver, in denen das im ganz verschlossenen Raum verpuffende Zündhütchen allein die treibende Kraft hergiebt. Es sind dies büchsenartig gearbeitete Gewehre, in denen ein durch starke Schrauben verschließbarer Raum das Zündhütchen aufnimmt; der Raum hat nur eine Oeffnung nach dem Rohr zu, in welchem die Kugel liegt, das Hütchen wird durch einen Schlag von außen entzündet, die Gasarten, die es selbst entwickelt und die eingeschlossene atmosphärische Luft, bis auf mehrere tausend Grade erhitzt, geben die nöthige Spannung her, um eine kleine Kugel doch bis auf 100 Schritte weit mit einer solchen Kraft zu treiben, daß sie in einem kienenen Brett haften bleibt.

Verbrennungs-Bedingungen.

Was wir an wärmeerregenden Kräften und an Verbrennungsstoffen bis jetzt betrachtet haben, enthielt die Bedingungen der Erwärmung oder der Verbrennung in sich; es giebt nun aber noch andere Verbindungen, bei denen ein äußeres, scheinbar fremdes Vehikel hinzutreten muß. Die Sonne bedarf eines solchen nicht, sie erwärmt durch den lufterfüllten wie durch den luftleeren Raum, die Reibung erhitzt, man möge sie anstellen, wo und wie man wolle, eben so ist es mit dem Druck und mit den gewöhnlichen chemischen Verbindungen. Schwefelsäure und Wasser gemischt erhitzen sich unter allen Umständen und Schießpulver, so wie die andern explodirenden Präparate gleichfalls, denn sie tragen die Bedingungen der Verbrennung in sich, sie bestehen zum großen Theile aus Sauerstoff. Es ist ein Irrthum, daß Schießpulver sich nicht im luftleeren Raum entzünde. Man hat dies jederzeit mit dem bekannten alten Feuerschloß versucht, da entzündet es sich allerdings im luftleeren Raum nicht, weil die Bedingung des Erglühens

ir den Stahl fehlt, der Sauerstoff; allein nicht für das Pulver, denn ieſes hat den Sauerſtoff in ſich ſelbſt, der zur Verbrennung ſeiner Kohle nd ſeines Schwefels nöthig iſt. Wenn man Pulver unter die Glocke einer uftpumpe bringen, die Luft entleeren und das Pulver durch ein Brennglas ntzünden wollte, ſo würde es ſo gut explodiren wie im lufterfüllten Raum nd man müßte, wenn man nicht große Gefahr laufen wollte, den Verſuch benfalls unter einer ſehr großen Glocke und mit einer ſehr kleinen enge Pulver anſtellen.

Daß dieſe Gemiſche der atmoſphäriſchen Luft oder deſſen, was von rſelben die Verbrennung begünſtigt, des Sauerſtoffgaſes nicht bedürfen, ht ja auch daraus hervor, daß ſie in eng verſchloſſenen Räumen eben ſo it zur Entzündung kommen wie an der freien Luft; wäre dies nicht der all, ſo würde man damit nicht ſchießen und nicht Bomben, nicht Felſen rengen können.

Ein ganz Anderes iſt es nun mit der Erregung von Wärme auf dem wöhnlichen Wege der Verbrennung, zu dieſer iſt die Luft mit dem Sauer- off eine ganz unerläßliche Bedingung. Wenn man ein Stück trocknen olzes bis zu dem nöthigen Grade erhitzt, ſo entwickelt es aus ſeinen oren eine Menge verſchiedener Gaſe, welche zum größten Theile brennbar nd. Sie entzünden ſich und entwickeln dabei eine Temperatur, welche zur rneren Verbrennung, welche zur Erhaltung des Feuers genügend iſt; wenn ies nicht der Fall, ſo iſt das Material ſchlecht oder der Zutritt von Sauer- offgas nicht genügend. Man kann das trockenſte Holz, welches zu Drei- iertheilen bereits verbrannt iſt, am ferneren Verbrennen verhindern, wenn an entweder den Ofen, in welchem es brennt, ſorgfältig verſchließt oder enn man Stickſtoffgas ſtatt atmoſphäriſcher Luft zu dem Ofen treten läßt. m Großen würde dies ſo wie der Zutritt von Kohlenſäure ſchwer möglich u machen ſein, im Kleinen kann man dies ganz leicht bewerkſtelligen.

Ein jedes Licht befindet ſich in dem Zuſtande eines trocknen Holzſcheites, s entwickelt ſich durch ſein einmal veranlaßtes Brennen ſo viel Hitze, um en Wachs, das Stearin zu ſchmelzen und die geſchmolzene Subſtanz, welche urch Capillarität in den Zwiſchenräumen des Dochtes aufſteigt, zu zerſetzen, 1 Gaſe zu verwandeln. Wenn man ein ſolches brennendes Licht unter ne Glasglocke, welche mit atmoſphäriſcher Luft gefüllt iſt, ſtellt, ſo brennt as Licht Anfangs ganz munter fort, nach und nach wird die Flamme latter, niedriger, immer blaſſer, ſie verliſcht, der Docht glimmt noch ein aar Secunden, dann wird auch er ſchwarz. Hier iſt der Fall eingeleitet, o man einem Ofen den Zug abſchneidet; es iſt nämlich gleichgültig, ob an verhindert, daß die erhitzten und verbrauchten Gaſe oben ſich entfernen,

ausströmen, oder ob man verhindert, daß unten neue sauerstoffhaltige Luft zutritt, in beiden Fällen fehlt es dem verbrennenden Körper an Nahrung und er muß deshalb zu brennen aufhören.

Erstickende Gase.

Füllt man einen ziemlich großen Cylinder mit Kohlensäure an, welche man am leichtesten dadurch erhält, daß man etwas Kreide in eine Flasche thut, verdünnte Schwefelsäure darauf gießt und das sich entwickelnde Gas (das eben die Kohlensäure ist) auffängt, so kann man diesen Cylinder mit der Luftart, welche viel schwerer ist als atmosphärische Luft, unbedenklich einige Minuten ganz offen stehen lassen, es vermischt sich die letztere mit der Kohlensäure allerdings und verdrängt sie endlich ganz aus dem Cylinder, doch immer langsam genug, um Zeit zu einem interessanten Experiment zu lassen.

Man biegt einen etwa fußlangen, steifen Draht an einem Ende so um, daß dieses kurze umgebogene Stück wieder aufwärts geht und parallel mit dem übrigen langen Stücke Draht ist. Man kann nun auf das kurze Endchen ein Stück Wachslicht stecken, den langen Draht oben bei seinem geraden Ende fassen, so wird beim Anzünden das Lichtchen längs des Drahtes aufrecht brennen und sich leicht in den Cylinder senken lassen, ohne daß man durch Umkehren desselben das Experiment ungewiß macht.

Senkt man ein auf diese Weise befestigtes, brennendes Licht in den weiten, dem Luftzutritt offenen Cylinder, so erlischt die Flamme in dem Augenblick, wo sie die Kohlensäure erreicht, vollkommen, es bleibt auch der Docht nicht einen Augenblick glimmend; bläst man vorher das Licht aus und senkt man den glimmenden Docht in den Cylinder, so wird derselbe schwarz, so wie er unter die Mündung des Glases gebracht wird. Schlägt man mit einem scharfen Feuerstein von einem guten Stahl Funken ab, so fallen dieselben blendend weiß leuchtend eine Elle hoch hinab, ehe sie in der Luft verlöschen. Macht man dieses Experiment über einem Cylinder mit Kohlensäure, so daß die Funken dahinein fallen, so sieht man sie glänzen und leuchten, so lange sie durch die Luft fliegen, doch in dem Augenblick, wo sie die Mündung des Gefäßes erreichen, sind sie verschwunden; es macht den Eindruck, als wäre der Cylinder mit Glas zugedeckt, bis an die Scheidewand fliegen die weißglühenden, strahlenden Stahlstückchen, dann sind sie todt.

Diese Erscheinung rührt von der Ausschließung des zur Verbrennung nöthigen Sauerstoffgases her, es ist als ob man dem Zugloch eines Ofens statt atmosphärischer Luft Stickstoff- oder Kohlensäuregas zuführte.

Wärmeentwicklung beim Verbrennen.

Entwickelt der Körper beim Verbrennen nicht ſo viel Hitze als zur rſetzung ſeiner Theile in Gaſe oder bei flüſſigen Subſtanzen, als zur rwandlung derſelben in Dampf erforderlich, ſo wird die Verbrennung ſes Körpers auch nicht durch ihn ſelbſt unterhalten. Die warmen Grade rigens, welche ein Körper zur Verbrennung braucht, ſind höchſt verſchieden. hosphor geht eine langſame Verbrennung ſchon bei gewöhnlichen Temraturen ein, er verbindet ſich bei 2 Grad über 0 mit dem Sauerſtoff und chtet, bei 30 Graden tritt eine Entzündung in dem Grade ein, daß er e hohe und helle Flamme giebt, Holz braucht 400 Grade, um zu brenn, Schwamm oder Kohle glimmt nur, Eiſen verbrennt gar nicht.

Holz in einiger Menge aufgehäuft, entwickelt beim Verbrennen nicht r genug Wärme, um ſich ſelbſt zu verzehren, ſondern es kann auch von ner Wärme noch bedeutend abgeben; hierauf beruht das Kochen, das lühen der Metalle, das Schmelzen derſelben ꝛc. Ein einzelnes, aus dem haftеſten Feuer genommenes Scheit Holz verbrennt aber nicht, es entckelt nicht genug Hitze, um dadurch verzehrt zu werden, es müſſen mehrere ſammen liegen, die einen Brennpunkt bilden, von welchem aus das unrbrannte Holz erſt zur nöthigen Höhe erhitzt werden muß — das einzelne cheit verliſcht, auch wenn es im vollſten Brande war.

Iſt aber das Holz naß, ſo hilft ihm ſeine Brennbarkeit nichts, es uß eine ſo ſtarke Hitze von außen haben, daß es das aufgenommene Waſſer rflüchtigt, ſelbſt trocknet und nun erſt kann die noch übrige Hitze verwendet rden, das getrocknete Holz in Brand zu ſetzen. Solches Holz aber brennt cht fort, auch wenn eine große Menge davon zuſammen liegt. Die Hitze, elche das in Gluth gebrachte Holz entwickelt, reicht kaum hin, das Waſſer Dampf zu verwandeln, und ſo verflüchtigt entzieht es dem Holze das, as ihm zum Verbrennen zuerſt erforderlich, Erhöhung bis auf die geeignete emperatur. Daher iſt es durchaus unzweckmäßig, naſſes Holz zum Heizen r Oefen zu nehmen; wenn auch durch Zuführung hinlänglichen Sauerſtoffes dem Feuerraum, d. h. durch ſtarken Zug das Holz verbrannt wird, ſo bt es doch äußerſt wenig von ſeiner Hitze an den Ofen ab, indem es ſelbe ſelbſt verbraucht.

Noch andere Subſtanzen, wie z. B. die Metalle, verbrennen unter den wöhnlichen Umſtänden nicht, man kann ſie glühend machen; ſobald jedoch s Heizmittel Kohle, Holzfeuer, Gas, hinweggenommen wird, ſo erliſcht Gluth ſehr bald.

In dieſen verſchiedenen Gradationen liegt vorzugsweiſe der Ausdruck der Sauerſtoffmenge, welche ein Körper zu ſeinem Verbrennen braucht und hierin wieder liegt eine Andeutung zu der Möglichkeit, ſolche Subſtanzen dennoch zu verbrennen, nämlich dadurch, daß man ihnen künſtlich die nöthige Menge Sauerſtoff zuführt.

Einfluß des Sauerſtoffes.

Gewöhnlich geſchieht dies durch ſogenannte Gebläſe, deren man ſehr verſchiedene hat, unter andern Umſtänden aber und im kleinen Maßſtabe dadurch, daß man Sauerſtoffgas entwickelt und die zu verbrennenden Körper da hinein bringt. Hat man dies Letztere gethan, ſo giebt es nun beinahe keinen Körper, der nicht vollſtändig verbrannt werden könnte. Nicht nur brennt ein Stückchen Schwamm oder Kohle, auf den oben beſchriebenen, zum Haken gebogenen Draht gebracht und in ein Glas mit reinem Sauerſtoffgas gehalten, ſtatt zu glimmen, mit heller Flamme auf, ſondern eine Uhrfeder brennt darin gleichfalls, als ob es ein Holzſpan wäre, nur allerdings unter bei Weitem ſchönerer, ja faſt gar nicht zu beſchreibender Lichterſcheinung.

Man befeſtigt an einem Kork, der die Flaſche, in welcher das Sauerſtoffgas befindlich, gut verſchließt, eine feine Uhrfeder, welche vorher gerade geſtreckt war und an deren unteres Ende man ein kleines Stückchen Schwamm geſteckt hatte. Der Schwamm wird angezündet und dann die Feder mit Kork in und auf die Flaſche gebracht.

Sogleich brennt der Schwamm und macht die Spitze der Uhrfeder glühend, im Sauerſtoffgaſe aber erhitzt ſich der glühende Stahl ſo ſehr, daß er in Weißglühen, in ein lebhaftes Funkenſprühen — in ein Sternenſprühen übergeht. Der verbrennende Stahl entwickelt im Sauerſtoff genug Hitze, um ſich ſelbſt zu verzehren, die Verbrennung aus ſich ſelbſt zu erhalten, dieſe iſt aber ſo außerordentlich lebhaft, daß er ſchmilzt und die durch den Sauerſtoff fallenden Tropfen wie glänzende Sterne erſcheinen — der Vergleich ſelbſt iſt durchaus nicht genügend, denn unzweifelhaft hat die Venus in ihrem hellſten Glanz bei dem klarſten Winternachthimmel nicht eine ſolche Leuchtkraft, nicht ein ſolches Funkeln und Strahlenſchießen wie die durch das Sauerſtoffgas fallenden Stahlperlchen.

Welche Hitze dieſelben dabei entwickeln, geht daraus hervor, daß, wenn man in der Flaſche auch einen Zoll hoch Waſſer ſtehen hat, die Stahltropfen unter Waſſer nicht nur eine Zeit lang fort glühen, ſondern die Gluth auch ſo groß iſt, daß ſie ſich mit dem Glaſe verbinden, völlig in das Glas einſchmelzen, ja wenn der Boden der Flaſche nicht dicker iſt als die

ände, denſelben durchlöchern. Um alſo dieſem Uebelſtande auszuweichen, ß man nicht nur einen Zoll hoch Waſſer, ſondern in dieſem auch am den der Flaſche ½ Zoll hoch Sand liegen haben. Mit dieſem nun milzt das Stahlkügelchen zuſammen, ohne der Flaſche Schaden zu thun.

Man ſieht wohl, daß im Großen dies Verfahren nicht anzuwenden re, weil die Erzeugung des Sauerſtoffgaſes die Koſten ſo ſteigern würde, ß die erzielten Producte nicht mehr lohnend wären für den Unternehmer, wendet denn der Techniker ſich an das ungeheuere Sauerſtoffreſervoir, s welchem er koſtenlos ſchöpfen kann, außer etwa, daß ihm das Schöpfrad das koſtet. — Die atmoſphäriſche Luft, in welcher der Sauerſtoff zu einem nftheil der ganzen Maſſe vorhanden iſt, koſtet ihm nichts.

Kälteerregung, Wärmeentziehung.

Man muß daher nicht glauben, man mache Kälte, es geſchieht nichts rartiges, man bringt einen feſten Körper zum Schmelzen. Um zu ſchmelzen, zieht derſelbe Körper ſeiner Umgebung die Wärme, welche ſie hat, da- rch wird es in dieſer ſeiner Umgebung kälter. Begünſtigt man durch beſondere nſtände ſolches Flüſſigwerden eines feſten, oder noch beſſer zweier feſter rper, ſo wird das an ſich Raffen der Wärme lebhafter und hieraus geht e ſchnellere, eine größere Abkühlung hervor.

Die gewöhnlichſte und leichteſte Art, ſolche, wie man ſich ausdrückt, ünſtliche Kälte hervor zu bringen," iſt dieſe:

Auf eine flache Zinnſchüſſel ſchüttet man Schnee, darüber Salz, rüber wieder Schnee und nochmals Salz und wenn man dieſe Mengung einem warmen Zimmer auf einem naſſen Tiſch ſetzt, ſo kann man in nigen Minuten mittelſt der Schüſſel den Tiſch aufheben, d. h. die Schüſſel an denſelben feſt angefroren.

Setzt man dieſe Miſchung, in einer Zinnſchüſſel angemacht, wieder in e irdene Schüſſel mit Waſſer, ſo kann man beide zuſammen auf den rmen Stubenofen, ja auf ein Kohlenbecken ſetzen; bevor das Feuer die ene Schüſſel durchwärmt hat, iſt durch die beſſer leitende zinnerne Schüſſel n Waſſer ſo viel Wärme entzogen, daß es gefriert.

Es giebt eine große Anzahl Vorſchriften zu ſogenannten Kältemiſchungen, en einige hier folgen mögen:

Ein Theil ſalpeterſaures Ammoniak mit einem Theil Waſſer übergoſſen, ngt eine Temperatur von 15 Grad unter 0 hervor, auch wenn die ein- nen Subſtanzen vor der Mengung 10 Grad über 0 hatten. Unter den- ben Umſtänden verbunden, giebt Salpeter mit Salmiak gemengt nur

12 Grad unter 0 Grad. Dagegen eine Mischung von 8 Theilen schwefelsaures Natron mit 5 Theilen Salzsäure eine Temperatur von 17 Grad hervorbringt. Diese Temperatur ist es auch, welche das zuerst angeführte Experiment, Eis mit Kochsalz, giebt.

Wenn man zu dem Schnee fein gepulverten salzsauren Kalk schüttet, so erhält man ein Kälte von — 45 Grad, in dieser Frostmischung kommt Queckſilber sofort zum Gefrieren und flüssiges Ammoniak, so wie Aether krystallisiren darin. Das Queckſilber fordert übrigens ein sehr dünnes Schälchen von Eisenblech oder von Platin, auch darf man nicht erwarten, große Quantitäten zum Gefrieren zu bringen, ¼ Pfund erstarrt indessen ganz leicht und dies auf die bloße Hand gelegt, erzeugt, wie bereits bemerkt, eine Brandblase.

Die größte Kälte wurde dadurch erzeugt, daß man feste Kohlensäure mit Schwefeläther übergoß, sie betrug 75—85 Grad unter 0. Dadurch soll Alkohol von 0,798 specifischem Gewicht dickflüssig wie Oel geworden sein. Mitchel trieb durch dieselben Mittel die Kälte bis auf 99 Grad und erhielt dabei den Weingeist in der Dicke eben gerinnenden Wachses; ihn fest, krystallisirt darzustellen, ist noch nicht gelungen.

Um diese niedrigen Temperaturen hervor zu bringen, sind einige Vorsichtsmaßregeln unerläßlich und werden dieselben hier mitgetheilt, damit, falls man die Versuche anstellen will, nicht Mißgriffe gemacht werden, die Versuche nicht mißlingen und das Mißlingen dann auf die Anleitung zu denselben geschoben werde.

Vor allen Dingen müssen die angegebenen Salze krystallinisch, sie dürfen nicht verwittert sein. Ist dies Letztere der Fall, so haben sie ihr Krystallwasser verloren und statt daß sie durch Schmelzung ihrer selbst Wärme an sich raffen, also Kälte erzeugen, verwandeln sie im Gegentheil flüssiges Wasser in festes und machen dadurch Wärme frei (sie verwandeln einen Theil der hinzugethanen Flüssigkeit in Krystallisationswasser).

Das demnächst Wichtigste ist, daß die Substanzen, so weit sie fest sind, fein gepulvert werden, damit bei der Mengung ein recht inniges Ergreifen an sehr vielen Stellen zugleich stattfinden könne; auch muß man die verschiedenen Körper selbst so kalt halten wie möglich; sind dieselben vor dem Experiment schon auf einer Temperatur von —10 Grad angelangt, so wird ihre Mischung eine viel niedrigere Temperatur hervor bringen als wenn sie + 10 Grad gehabt hätten.

Um die möglichste Kälte zu erzielen, muß man zwei Frostmischungen machen; die eine in einem großen hölzernen oder thönernen Gefäße mit starken Dosen der Salze und Flüssigkeiten. Das Gefäß, aus einer die Wärme

lecht leitenden Subſtanz verfertigt, läßt von außen wenig Wärme zu und die Miſchung Wärme braucht, ſo entzieht ſie dieſelbe dem Gefäß, welches in hinein ſtellt.

Dies Gefäß, welches man in die Froſtmiſchung bringt, muß von iem möglichſt guten Wärmeleiter, alſo von Metall ſein, hat man mit äuren zu thun, ſo muß man ſolche Metalle wählen, welche von dieſen äuren nicht angegriffen werden, wie z. B. Blei, noch beſſer Platin.

In dies Gefäß nunmehr bringt man die Froſtmiſchung, mit wel- r man experimentiren will; die erſte war nur beſtimmt, um etwa zutre- ibe Wärme von außen abzuhalten. Die Wandung deſſelben iſt gut leitend; nn die äußere Froſtmiſchung alſo recht kalt wird, ſo entzieht ſie der inneren lmehr Wärme, als daß ſie ihr welche zuführt.

Auch in dem Innern, in dem Metallgefäß, macht man die Miſchung s ſo großen Quantitäten als irgend möglich und erſt hier hinein ſtellt an dasjenige, worauf man die Kälte wirken laſſen will und dies geſchieht eder in einem Metallgefäß, damit die zweite Froſtmiſchung, welche von ßen her keine Zufuhr von Wärme bekommt, dieſe ihr nothwendige von m innerſten Gefäße (oder vielmehr von deſſen Inhalt) nehmen müſſe, und mit ſie möglichſt leicht dazu gelangen könne, muß auch dies innerſte efäß von Metall ſein.

Es giebt nun noch eine ſehr zweckmäßige Anordnung der Gefäße, welche e Wirkung dadurch ſteigert, daß es ſie beſchleunigt.

Die beiden Gefäße von Holz und von Metall, in denen die Froſt- iſchungen vorgenommen werden ſollen, bleiben ſo, wie beſchrieben iſt. Das ittle Gefäß aber, in welchem man den Gegenſtand erkälten will (z. B. in elchem man Weingeiſt zum Erſtarren zu bringen beabſichtigt), iſt ein dop- eltes und ſo eingerichtet, daß eins in dem andern ſteht, nirgends beide efäße ſich berühren (beide ſind ſehr dünn und von Metall), zwiſchen dem nern und dem äußern Gefäße aber die Flüſſigkeit, welche erſtarren ſoll, aum findet.

Man ſetzt nun das Doppelgefäß, mit beiſpielsweiſe Weingeiſt, zwiſchen en beiden Wandungen in das Metallgefäß mit der Froſtmiſchung und bringt n das Innerſte des Doppelgefäßes abermals eine Froſtmiſchung. Hierdurch at man den Vortheil, daß erſtens die urſprüngliche Froſtmiſchung von außen ine Wärme erhalten kann, zweitens, daß die zu erkaltende Subſtanz zwiſchen wei Froſtmiſchungen ſteht, drittens, daß dieſe zu erkaltende Subſtanz den eiden Miſchungen die größtmöglichſte Oberfläche bietet, indeß ſie ſelbſt ſo enig Maſſe hat wie möglich.

Aus Allem dieſen geht hervor, daß es zwar in unſerer Gewalt liegt,

sehr niedrige Temperaturen hervor zu bringen, daß aber erstens von dem gewöhnlichen Ausgangspunkt 0 Grad gezählt, eine Erhöhung der Temperatur um vielleicht 500 Mal mehr als eine Erniedrigung und daß sie nur für sehr kleine Quantitäten gelingt. Die Natur selbst bringt solche Kältegrade nicht hervor; wir sind zwar zu dem eigentlichen Kältepole noch nicht gelangt, allein wir sind in Sibirien und in Nordamerika doch nahe genug daran gewesen und die im Freien beobachtete Temperatur war niemals niedriger als 50 Grad. Eine Anwendung im Großen läßt sich von diesen Kältemischungen nicht machen.

Nutzeffecte der Wärme.

Kehren wir von diesen Mitteln zu einer Temperaturerniedrigung zu gelangen wieder zurück zu den chemischen Verbindungen, zur Verbrennung und der damit erzielten Hitze, so hat sich herausgestellt, daß ein jeder brennende Körper einem andern, den man in die erzeugte Gluth bringt, seine Temperatur mittheilt, nur darf der eingeführte Körper nicht zu groß sein.

Unzweifelhaft ist es, daß man in einer Lichtflamme Glas, ja sogar Eisendraht schmelzen kann; wer nun freilich einen fingerdicken Draht nehmen wollte, würde nicht viel vom Schmelzen zu sehen bekommen; ja, wer nur glaubte eine feine Stricknadel in der Lichtflamme zu schmelzen, würde irren; allein nimmt man diejenige feinste Sorte, welche von den Verfertigern künstlicher Blumen angewendet wird, so darf man ein Stückchen davon nur 2 Secunden in die Flamme einer Kerze halten, um zu sehen, daß das Ende sich in ein geschmolzenes Metallkügelchen verwandelt. Es muß, da hierzu etwa 1500 Grad Wärme gehören, diese Wärme wirklich vorhanden gewesen sein; multiplicirt man aber die Masse, welche geschmolzen werden kann, durch irgend einen Factor — etwa durch 10, so wird die Temperatur durch eben diese Zahl dividirt werden müssen, ein 10 Mal so dicker Draht wird also nur auf 150 Grad erwärmt, ein 100 Mal so dicker nur auf 15 Grad.

Hat man also große Massen zu erhitzen, so muß das Feuer auch ein um so größeres sein oder es muß durch Stoffe erhalten werden, welche eine um so intensivere Hitze geben, und wenn man diese verschiedenen Bedingungen gegen einander abgewogen hat, so wird man noch zu entscheiden haben, bei welcher Heizungsart man am wohlfeilsten und schnellsten zum Ziele kommt, dies Letztere nämlich legt ein bedeutendes Gewicht in die Wageschale; Zeit ist Geld. Wer Ziegel mit schlechtem, nassem Holze brennt, welches die Hälfte des Preises von anderem trockenen und gesunden hat, kann möglicher Weise etwas sparen, allein er wird doppelt so viel Zeit brauchen,

dieſer doppelt ſo viel Tagelohn für die Arbeiter und er wird ſtatt dreier
ände innerhalb zweier Monate, nur zwei vornehmen können und hat ſo,
ß des wohlfeileren Materials, einen wirklichen Verluſt.

Trockenheit des Brennmaterials.

Es iſt daher in ökonomiſcher wie in techniſcher Hinſicht von größter
ichtigkeit, die verhältnißmäßige Wärmemenge zu kennen, welche man unter
ſt gleichen Umſtänden durch verſchiedene Brennmaterialien erzeugen kann.
i dem einfachſten Verſuch wird man ſofort wahrnehmen, daß bei zwei Par-
en ganz gleicher Materialien, bei Torf aus demſelben Bruch, bei Holz von
n nämlichen Baum, die Trockenheit von weſentlichſtem Einfluß iſt. Wenn
ſe Subſtanzen trocken ſind, ſo wird ein Pfund Buchenholz drei Pfund
aſſer, ein Pfund Torf nur halb ſo viel in's Kochen bringen. Sind beide
aterialien naß, ſo wird man mit einem Pfunde davon gar nichts in's
chen bringen, es wird ſogar eine große Kunſt dazu gehören, es nur ſelbſt
n Verbrennen zu bringen, alle die Hitze, welche dieſe Materialien ent-
keln, wird verbraucht, um den Waſſerdampf zu verjagen, damit nur
rhaupt ein Brennen möglich ſei. Die Hitze aber, welche verwendet wird,
i das Holz zum Brennen vorzubereiten, kann nicht gleichzeitig dienen, um
as Anderes zu bewerkſtelligen; ſind ſo ſchlechte Materialien in großen
aſſen beiſammen, ſo erlangt man allerdings ſo viel, daß noch ein Nutz-
ct übrig bleibt, allein er wird ſehr theuer. Mit 30 Pfund trocknen
hrenholzes wird man ein mäßig großes Zimmer ſehr gut erheizen können,
derſelben äußeren Temperatur wird man das gleiche Reſultat vielleicht
m mit 60 Pfund naſſen Birkenholzes erzielen. Eigene Erfahrungen haben
i Verfaſſer gelehrt, daß dieſe Verhältniſſe noch viel ungünſtiger ſind, daß
doppelt ſo viel Holz von doppelt ſo hohem Preiſe zwei Mal während
Stunden brauchte, weil es naß war.

Nehmen wir die verſchiedenen Brennmaterialien in möglich gutem Zu-
nde in Unterſuchung und eine gewiſſe Wärmemenge als Einheit an, die
ht in Graden ausgedrückt zu werden braucht, weil nur eine Vergleis-
ngsſcala gegeben werden ſoll, ſo iſt der Werth der brennbaren Sub-
nzen folgender:

Schwefel, vollkommen verbrennend, liefert ſolcher Einheiten . . .	3
gewöhnliches lufttrocknes Holz liefert	5
recht guter Torf, vollkommen trocken	6
ganz trocknes Holz dagegen liefert	7
Terpentinöl, in *gleichem Gewicht* angewendet, giebt	9

Spiritus von 80 Procent etwas über 10
gemeine Steinkohlen entwickeln 12
Coaks von Torf (im verschlossenen Raum verkohlt) 13
Coaks von Steinkohle etwas über 13
gute Holzkohlen von jungem Holz geben 15
Phosphor liefert dieselbe Menge 15
Schwefeläther entwickelt solcher Einheiten 16
Talg vom Rind oder Hammel, gleichviel 17
Steinöl, Rapsöl, Olivenöl, Wachs, fast ganz gleichviel zwischen 18 u. 19
Wasserstoff, der leichteste von allen bekannten Körpern der Erde, entwickelt die größte Wärmemenge beim Verbrennen, ein gleiches Gewicht davon, wie von allen anderen, giebt solcher Einheiten . . . . . 47.

Die Tabelle ist vollkommen verständlich, wenn auch keine Réaumur'schen Grade dabei stehen. Um eine gewisse Wärme zu erzielen — gleichviel welche, um einen Hochofen zu beschicken oder um eine Gans zu braten, wird man doppelt so viel Torf brauchen als Steinkohle, und dreimal so viel Holz als gute Holzkohlen.

Die Tabelle sagt, Kohlen liefern mehr Hitze als das Holz, dies ist unzweifelhaft, nur möge man ja nicht glauben, sie geben mehr Hitze als das Holz, woraus sie bereitet sind. Würde es nicht Fälle geben, wo zur Feuerung nur Kohlen anwendbar sind (weil sie nicht Rauch erzeugen), würde es nicht Fälle geben, wo man das Holz nicht verwerthen, aus den Gebirgsschluchten nicht herab bringen könnte, so würde es Niemandem einfallen, Holz zu verkohlen. Ein Centner Kohle giebt dreimal so viel Hitze als ein Centner desselben Holzes, woraus die Kohle bereitet war, denn dies Holz betrug nicht 1 Centner, sondern 4 bis 5 Centner und hier ist nun gar nicht fraglich, was mehr Hitze giebt: 5 Centner trockenes Föhrenholz oder 1 Centner Kohlen davon, 4 Centner Buchenholz oder 1 Centner Buchenkohlen?

Wenn nun nach Obigem auch 1 Centner Holzkohle so viel Hitze giebt als 3 Centner Holz, so kostet er doch so viel als 4 bis 5 Centner Holz und deshalb kann es wohl nöthig oder räthlich sein, Kohlen unter gewissen Umständen anzuwenden, allein sparsam ist es nicht. Ein noch größerer Nachtheil findet bei Verbrennung des Coaks statt, indem dieser nicht einmal um ein Bedeutendes mehr Wärme giebt, also, wenn man denselben nicht als Nebenproduct, wie bei der Gasbereitung, gewönne, einen offenbaren Verlust herbeiführen würde.

Wärmeentstehung.

Die bisher betrachteten gewöhnlichsten Wärmequellen (Sonne, Reibung, emische Verbindung) geben uns Veranlassung zu der Frage: wie entsteht nn die Wärme in diesen Wärmequellen? Die Sonne, wie es aus Pola-sationsversuchen zu erhellen scheint, ein brennender Gasball, giebt uns ärme ab durch Strahlung, allein wie entsteht eben ihre eigene Wärme (die e uns giebt)? durch die Verbrennung? was entwickelt dort oder hier beim olz, beim Kohlenfeuer diese Hitze? Wir stoßen hier, wie Munke sehr chtig sagt, auf unlösbare Räthsel und gelangen dadurch abermals zu der eberzeugung, daß das eigentliche Wesen der Dinge, auch wenn wir es blos f unsere Erde, diesen winzigen Theil der ganzen Schöpfung, beziehen, s noch immer verborgen ist.

Bei den meisten Verbrennungen entsteht allerdings eine Verdichtung, in-fern die verbrannten Körper einen geringeren Raum einzunehmen pflegen, s die unverbrannten Elemente derselben und man könnte daher folgern, ß so viel Wärme frei werden müßte, als in diesem größeren Raume ent-lten war. Allein hiergegen streiten einige Verbindungen, z. B. die des eingeistes mit dem Wasser, des gebrannten Kalkes mit dem Wasser, die h ausdehnen und dennoch Wärme frei machen. Bei dem Kalk sagt man erdings, das Wasser wird in eine feste Substanz verwandelt und so ver-rt es seine Liquefactionswärme, dies erklärte wohl eine Erhöhung von) Grad, aber keine um mehrere hundert Grade. Beim Weingeist paßt ese Erklärung nicht einmal. Manche zusammengesetzte Körper haben eine ringere specifische Wärme, als die Bestandtheile, aus denen sie gebildet id und es müßte daher bei ihrer Vermengung so viel Wärme frei werden, s dieser Unterschied beträgt; allein auch diese Annahme kann nicht als eine gemein gültige betrachtet werden.

Beim gewöhnlichen Verbrennen wird Sauerstoffgas verzehrt und es g daher sehr nahe, die erzeugte Wärme von der Verdichtung dieses Gases zuleiten. Sollte dies in ganzer Strenge richtig sein, so müßte allezeit ne der verzehrten Sauerstoffmenge angemessene Quantität Wärme ent-nden werden.

Obgleich nun ein solches Verhältniß keineswegs stattfindet, so durfte an doch immerhin annehmen, daß die brennbaren Substanzen, die das Sauerstoffgas aufnehmen, durch ihre Verdichtung die fehlende Menge von Wärme hergeben und es scheint dann wirklich, als ließe sich die ungeheure Hitze des Knallgasgebläses *aus der starken* Verdichtung der gemengten Gase

ableiten (ſ. Zimmermann, Erdball Th. III. S. 17). Allein gerade das Verbrennen dieſes Gasgemenges, ſo wie aller explodirenden Körper, ſtellt der eben gedachten Anſicht ein unüberwindliches Hinderniß in den Weg.

Wenn Knallgas verpufft, ſo wird Waſſer gebildet und wenn man die eigenthümliche Wärme beider Gaſe zuſammen nimmt und ſie mit der des entſtandenen Waſſers vergleicht, ſo iſt die letztere ſo groß, daß Wärmeverminderung von 32 Grad entſtehen müßte. Man könnte allerdings zu der Verdichtung der Gaſe ſeine Zuflucht nehmen, allein dies ſtimmt nicht mit dem eigentlichen Verhalten der Sache überein. Im Augenblicke der Exploſion des Gasgemenges wird nämlich Waſſerdampf gebildet, welcher bei mittlerer Temperatur dünner, alſo ausgedehnter iſt als das Gasgemenge und während hiernach in Folge der Ausdehnung Wärme verſchwinden müßte, ſo entſteht im Gegentheil Glühhitze mit bedeutender, gewaltſamer Ausdehnung.

Eben dies läßt ſich anwenden auf die Exploſion des Schießpulvers; woher aber vollends die mit einer plötzlichen gewaltſamen Ausdehnung verbundene Glühhitze der Knallſalze kommt, iſt gar nicht zu enträthſeln.

Wärme durch den Lebensprozeß.

Noch räthſelhafter iſt uns die dauernde, anhaltende Wärme, welche Thiere und Pflanzen durch ihre Vegetation und Reproduction entwickeln.

Alle Körper der Erde, wenn ſie nicht Leben haben (lebend geweſene eben ſo gut wie unorganiſche), nehmen die Temperatur der Umgebung an; die Schauer, welche uns ergreifen beim Anſehen einer Leiche, bei dem Gefühle der Eiſeskälte, welche von ihr ausgeht, ſind nicht in den Thermometergraden, welche die Leiche zeigt, ſondern in unſerem Gefühl, unſerer Phantaſie begründet. Die Leiche iſt nicht im Mindeſten kälter als der Pfühl, worauf ſie liegt; die zur Section vorbereitete Leiche des Selbſtmörders nicht wärmer als die Marmorplatte, auf der ſie das Meſſer des Profectors erwartet.

(Wenn abgeſtorbene Körper in Verweſung oder in Gährung übergehen und dabei eigene Temperaturen entwickeln, ſo gehört dieſes nicht in die Lehre von der Wärme durch den Lebensprozeß, ſondern in das vorher abgehandelte Capitel von der Verbrennung, von der Verbindung chemiſch verwandter Körper zu einem neuen.)

Lebende Körper aber haben nicht die Temperatur der Umgebung, ſondern eine eigene, die ſie aus ſich ſelbſt, wahrſcheinlich vermöge des Stoffwechſels, produciren. Alle Thiere nehmen Nahrung zu ſich und geben Excremente und Secretionen von ſich, ſie dünſten aus, ſie ſchwitzen, ſie werfen Speichel

us, ſie haben Abgang an Haaren, Nägeln, Haut. Dieſer Abgang muß rſetzt werden, es werden dazu Stoffe aufgenommen, welche in die Körperubſtanz verwandelt werden und dieſer Stoffwechſel bedingt die Eigenwärme.

Allerdings iſt die Frage, ob denn wirklich allen Thieren Wärme innewohne, noch nicht beantwortet und es iſt wohl möglich, daß ſie niemals beantwortet werden wird, denn wie ſehr auch unſere Beobachtungswerkzeuge ſich nach und nach auf den Gipfelpunkt der Verfeinerung erheben, ſo dürfte es doch ſchwer ſein, die Wärme der Infuſorien, der Polypen, der Würmer und Weichthiere nachzuweiſen, und wäre es nur deshalb, weil ſie in einem Medium leben, welches ihnen die eigene Wärme ſofort entführt; auch ſind die kleinſten dieſer Thiere beinahe lauter Oberfläche und wenn ſie außerhalb des Waſſers ſind, verlieren ſie durch die Verdunſtung ſo viel von ihrer Wärme, daß man die ihnen innewohnende nicht zur Erſcheinung kommen ſehen kann.

Nachgewieſen, wiewohl in ſehr geringem Grade, iſt die Eigenwärme bei den Amphibien, z. B. den Schildkröten, den Fröſchen. Bei den Schlangen, obſchon dieſe einen ungemein langſamen Stoffwechſel haben, iſt doch die Wärmeentwickelung größer als bei den andern Amphibien. Ob Fiſche eine eigene, durch den Lebensprozeß hervorgerufene Wärme haben, iſt zweifelhaft geweſen, wiewohl ſchon zu Zeiten des Ariſtoteles die Wärmeentwickelung bei den Thunfiſchen (die ſie allerdings am ſtärkſten zeigen) bekannt war. Als man jedoch in Eisſtücken eingeſchloſſene Fiſche lebend fand und bemerkte, daß um ſie her ein größerer Raum befindlich als derjenige, den ihr Körper einnahm und daß dieſer Raum mitten im Eiſe mit Waſſer angefüllt war, da konnte man nichts Anderes denken, als daß die Lebenswärme der Fiſche dieſes Waſſer im Eiſe aufgethaut erhalten. Unterſuchungen mit äußerſt feinen Thermometern, deren Kügelchen nur die Größe eines kleinen Schrootkornes hatten, ergaben denn auch bei dem Fiſche eine von der Temperatur der Umgebung unabhängige Eigenwärme.

Daß Wallfiſch, Narwal, Delphin ꝛc. recht eigentlich warmes Blut haben, darf man nicht auf Rechnung der Fiſche ſchieben, denn die gedachten Thiere ſind ſo wenig wie die Seehunde und Seelöwen eigentliche Fiſche, ſie haben nur im Munde des Volkes dieſen Namen, es ſind durch Lungen athmende, warmblütige, lebendig gebärende Säugethiere.

Was die Inſecten betrifft, ſo iſt ihre Maſſe allerdings ſo klein, daß man in ſie hinein, auch unter Zerſtörung ihres Körpers, in der Regel kein Thermometer bringen kann, außer etwa in den Leib eines großen Käfers, einer Maulwurfsgrille; beim Zuſammenſein aber bemerkt man außer allem Zweifel, daß ſie *Wärme entwickeln;* ein Ameiſenhaufen, ein Bienenkorb zeigt

am Thermometer die bedeutendste Wärmeentwickelung. Im Bienenkorbe wird sie durch Verschließen der Luftlöcher so groß, daß die Thiere davon sterben; eine solche Wärme, das Resultat des Zusammenseins vieler, leitet naturgemäß darauf, daß jedes einzelne Thier eine kleine Quantität Wärme entwickeln müsse. In den wunderbar verfeinerten thermoelektrischen Apparaten hat man aber jetzt Mittel gefunden, auch die Wärme des einzelnen Insectes zu untersuchen. Raupen, am Morgen in irgend einem Winkel eines Baumastes noch in Klumpen zusammenhängend, gaben dem hineingebrachten Thermometer deutlich Kunde von ihrer Eigenwärme, welche sich um mehrere Grade über die Temperatur der umgebenden Luft erhebt, mittelst des Thermomultiplicators aber kann man auch diese Thiere einzeln, hinsichtlich ihrer Wärmeentwickelung, beobachten und es unterliegt also eine solche keinem Zweifel mehr.

Am stärksten aber ist die Wärmeentwickelung bei den hiervon ihren allgemein bezeichnenden Namen herleitenden „warmblütigen" Thieren, bei den Säugethieren und bei den Vögeln, welche alle durch Lungen athmen, deren Leben also ein Verbrennungsprozeß ist.

Die Blutwärme der Säugethiere beträgt durchschnittlich 30 Grad R., die der Vögel 32 Grad; sie steigt bei den Raubvögeln auf 34 Grad. Natürlich ist bei diesen Bestimmungen nur von der Temperatur des Innern die Rede. Ein Thermometer mehrere Minuten lang in die Mundhöhle genommen, wird diese Temperatur zeigen, die Hand selten und bei bedeutender Erniedrigung der Lufttemperatur wird man die der Handwärme um 20 und mehr Grad sinken sehen; ein frisch geschlachtetes Thier zeigt in seinem Innern dieselbe Temperatur, ja der Blutstrom, welcher ihm entquillt, hat diese noch vollständig.

Winterschlaf.

Eine merkwürdige Ausnahme von dieser Regel machen diejenigen Thiere, welche einen Winterschlaf halten: Murmelthier, Hamster, Haselmaus, Lemming, Siebenschläfer, Fledermaus, Igel, Dachs, Bär u. a. Sobald der Herbst mit seinen Früchten ihnen eine reichlichere Nahrung geboten, sie feist, mitunter übermäßig fett gemacht hat, werden sie träge, sie wohnen in Höhlen, welche selten weniger als sieben Fuß in senkrechter Richtung unter dem Boden liegen; diese füttern sie sich auf das Schönste mit Kräutern, Moos, Haaren, Federn aus, viele sammeln sich auch einen Wintervorrath von Lebensmitteln. Sobald nunmehr die Temperatur aufhört, ihnen angenehm zu sein, sobald sie unter 7 bis 8 Grad R. sinkt, ziehen sie sich in diese Wohnungen

rück, ſtopfen die dazu führenden Gänge mit Erde zu, rollen ſich auf ihrem ger zuſammen und beginnen einen Schlaf, der bei einigen ohne Unterechung 5 Monate dauert; andere ſchlafen nur Wochen lang, werden durch n Hunger geweckt, gehen auch im Winter auf Nahrung und Beute aus er verzehren einen Theil des geſammelten Vorrathes; die rechten Winterläfer aber thun dies nicht, in der zuſammengerollten Stellung, welche : am Anfange des Winters eingenommen, liegen ſie noch am Ende desſben, ihr Athem wird immer langſamer und ſcheint endlich ganz aufzuören, ihr Blutumlauf wird dem verſchwindenden Athem gleich, ſo langſam, aß er kaum mehr wahrzunehmen iſt; doch muß er, wie die Reſpiration, attfinden, wenn ſchon bis zum Unbegreiflichen herabgedrückt.

Dieſe Thiere (und das iſt eben die Ausnahme, von der wir ſprachen) aben in dieſem Zuſtande keine bemerkbare Eigenwärme, ſie nehmen, wie r Lebensprozeß immer mehr herabſinkt, immer mehr die Temperatur ihres Bohnortes an, welche bei der großen Beſchränktheit des Raumes allerdings icht die eigentliche Bodentemperatur, ſondern ein Gemiſch aus dieſer und r vielleicht anfänglich durch die eigene Wärme erregten, höheren iſt, nnoch ſchließlich eine ſo niedrige wird, daß ſie ſicher 15 Grad nicht berſteigt.

Merkwürdig iſt, daß ſie dabei keineswegs unempfindlich ſind gegen ußere Reize und daß es eines der kühnſten Wageſtücke der todesverachtenden merikaniſchen Trappers (Fallenſteller und Jäger) iſt, einen Bären in ſeinem Binterſchlafe aufzuſuchen, d. h. in ſeine Höhle zu dringen und ihn dort zu legen. Die ſchlafenden Thiere werden durch Lichterſcheinung und durch Bärme am leichteſten geweckt, aber auch Stoßen, Rütteln giebt ihnen das eben wieder.

Wenn die Frühlingswärme ihren Einfluß übt, welcher im Uebrigen bei iner Tiefe von 7 und mehr Fuß nur äußerſt gering ſein kann, ſo erwachen ie Schläfer, ſcheinen wie betäubt, vermögen nur ſehr langſam ſich aus der ekrümmten Lage, in welcher ſie völlig ſteif geworden ſind, zu erlöſen; bei leineren Thieren, welche man beobachten konnte, wie Dachs, Hamſter, Murelthier, ſcheint die Gelenkſchmiere größtentheils aufgezehrt, denn jede Bewegung iſt von einem knarrenden Ton begleitet, die Thiere ſind faſt kraftos, über alle Begriffe abgemagert, die ganze im Herbſt aufgeſammelte ettlage iſt verzehrt, ſie ſind ſo ſchwach, daß ſie, wie betrunken, wanken nd erſt nach Stunden langer Uebung des Gebrauches ihrer Glieder ächtig ſind.

Menſchen bei niederer Temperatur.

Hier ſtehen wir an einer eigenthümlichen Grenzmarke in dem thieriſchen Leben, es iſt noch nicht entſchieden, ob ein Thier, welches ſonſt keinen Winterſchlaf hat, unter geeigneten Umſtänden in denſelben verſetzt werden kann. Man ſollte es faſt meinen, indem das höchſt organiſirte Thier, der Menſch, ſobald ſeine Lebensthätigkeit durch äußere Veranlaſſungen ſehr herabgedrückt wird, Wochen lang, ja Monate lang ohne Nahrung im Schlafe verharren kann, wie man ſolcher Fälle mehrere aufgezeichnet findet; doch dem Geſagten viel näher ſtehen diejenigen ſchrecklichen Ereigniſſe, welche in der Schweiz und in Tyrol leider ſehr häufig vorkommen, wo nämlich Menſchen, die durch Staublavinen verſchüttet worden, lange Zeit unter dem Schnee am Leben bleiben. Ein Fall machte ganz beſonderes Aufſehen und ſoll Veranlaſſung zu einer Schrift über dieſen Gegenſtand gegeben haben. Drei Damen aus Turin wurden von einer Staublavine begraben und nach 37 Tagen erſt erlöſt, natürlich glaubte man nur ihre Leichen zu finden, aber zu nicht geringem Erſtaunen ihrer Angehörigen waren alle am Leben, zwar abgemagert, doch keineswegs in dem Zuſtande, in welchem verhungernde Menſchen gewöhnlich ſind. Die Temperaturerniedrigung, der ſie ſo unfreiwillig ausgeſetzt geweſen, hatte den Lebensprozeß dergeſtalt herabgedrückt, daß ſie nicht einmal Hunger gefühlt hatten.

In dieſem aber, wie in vielen anderen Fällen, dem gedachten ganz ähnlich oder gleich, nur nicht in Hinſicht auf die Dauer, war das Bewußtſein nicht geſchwunden, ſie mochten wohl mehr geſchlafen haben als unter anderen Umſtänden in derſelben Zeit, allein ſie waren nicht gleich den Murmelthieren ſo lange im Schlaf geweſen, als ſie ſich in der niederen Temperatur befanden.

Damals, wie ſpäter, bemerkte man bei ſolchen Perſonen eine bedeutende Herabſtimmung der Temperatur, was mit der mangelnden Ernährung zuſammenhängt, wahrſcheinlich hat dieſe Beobachtung zu einem geiſtreichen phyſikaliſchen Romane Anlaß gegeben, welcher im Jahre 1844 die Welt von ſich reden machte.

Aus Schweden kam die Nachricht herüber, ein Profeſſor Gruſſelbäk habe zuerſt mit Thieren, dann mit zum Tode verurtheilten Verbrechern Verſuche über die Unterdrückung der Lebensthätigkeit und über die Zeitdauer, für welche dies möglich, gemacht und ſei zu höchſt merkwürdigen Reſultaten gekommen. Er habe den einzuſchläfernden Perſonen nach und nach die Wärme ſo entzogen, daß ſie in Schlaf geſunken und darin

verblieben seien. Er beschrieb die Methode ziemlich genau und sagte, mittelst derselben habe er jetzt bereits mehr als ein Dutzend Personen, Männer sowohl als Frauen, im lebenden Zustande ohne Nahrung ein bis sechs Jahre lang erhalten, die Respiration, der Blutumlauf höre größtentheils, die peristaltische Bewegung des Magens, mit ihr die Verdauung, höre gänzlich auf, er habe es in seiner Gewalt, durch allmälige Zuführung von Wärme die Person beliebig wieder zu erwecken, durch Entziehung dieselben wieder einzuschläfern und er werde sehen, wie weit sich dies treiben lasse.

Es ist, so ernsthaft die Sache erzählt wurde und so sehr sie sich auf die Beobachtung stützt, daß Kälte die Lebensthätigkeit verringert, das Ganze doch nur ein Mährchen, allein es ist bei alledem höchst merkwürdig, bis zu welchem Grade die Verringerung der Lebensfunctionen getrieben werden kann.

Lebendig begrabene Brahmanen.

In Indien und zwar unter den eigentlichen Indiern, den Anbetern des Schiwa oder des Brahma, des Wischnu, gilt die Priesterkaste, die Brahmanen, für vollständig heilig und göttlich, die Abzeichen dieser Kaste geben ein viel größeres Ansehen als bei uns Ordenssterne und Fürstenrang. Der Fürst selbst küßt dem schmutzigsten Brahmanen in Ehrfurcht die Hand und die Fürbitte solcher Brahmanen hat bei Brahma ein solches Gewicht, daß ein Jeder, der dieser Fürbitte sicher ist, auch der Erfüllung gewiß sein kann.

Nun sind die reichen Indier höherer Kasten sehr sündhafte Menschen, alle Laster haften ihnen an und vor keinem Verbrechen beben sie zurück; wohl wissen sie, daß sie dafür eine Reihe von Jahrhunderten aus einem Thiere in das andere wandern und unbeschreibliche Qualen werden aushalten müssen, allein sie wissen auch, daß sie für ihr Geld Leute kaufen können, welche ihre Sünden abbüßen — eine äußerst bequeme Einrichtung. Solche Büßer, welche die Sünden eines Andern auf sich nehmen, sind Brahmanen, die vermögenslos sind; ein Gewerbe zu treiben, ist ihnen verboten und das verbietet ihnen überdies ihr geistlicher Hochmuth, sie dürfen nur betteln und Buße thun; dies letztere aber können sie sich bezahlen lassen und so büßen sie denn für Geld die Sünden des reichen Mannes ab, der dadurch vollkommen fleckenlos wird.

Es kann nicht der Zweck dieses Buches sein, solche Bußübungen zu beschreiben, die Martern, welche die Leute sich anthun, aufzuführen und die Wirkungen zu untersuchen, welche sie vielleicht auf das Seelenheil anderer Personen haben dürften, allein eine dieser Bußübungen ist zu nahe mit

unſerem Gegenſtande verwandt, als daß wir derſelben nicht einige Zeilen widmen ſollten.

Ein ſolcher Büßer läßt ſich auf drei, vier, ja auf ſechs Wochen begraben. Er iſt überzeugt, daß es ſein Leben nicht koſten wird, denn er trifft für die Erhaltung deſſelben ſorgfältige Vorkehrungen und macht er drei bis vier ſolcher Bußübungen, ſo iſt er dann für die fernere Dauer ſeines Lebens ein ſehr reicher Mann, denn Geld laſſen die Kſchatrija's (die Fürſten- und Kriegerkaſte) es ſich koſten, 100,000 Rupien ſind der Preis für eine ſolche Entſündigungsarbeit (ungefähr 60,000 Thaler).

Eine Grube, 3 Fuß breit, 6 Fuß lang und 10 bis 12 Fuß tief, wird an ihrem unteren Theile mit Harz ausgegoſſen, worauf man Steinplatten legt. Die Seitenwände werden bis zur Höhe von 3 Fuß am Boden eben ſo getäfelt. Die Grube bleibt bis zur Vollendung der Vorbereitungen offen, dem Sonnenſchein ausgeſetzt.

Der Büßer beginnt damit, daß er ſich eine ſehr ſtrenge Diät auflegt (überhaupt eſſen die vornehmen Kaſten der Indier, Brahmanen, Kſchatrija's und Waicja's nur Vegetabilien, niemals Fleiſch, ja niemals ſelbſt nur ein Ei), mit jedem Tage weniger und trocknere Nahrung zu ſich nimmt, mit jedem Tage weniger trinkt, bis er ſo weit gekommen iſt, daß er Alles, was er verzehrt, auch mit ſeinem Körper aſſimilirt, ohne etwas von ſich zu geben, auf welchem Wege es auch ſei. Nunmehr wird zum Beginn der Buße ſelbſt geſchritten: der Büßer ſetzt ſich, nur mit einem wollenen Teppich verſehen, in die ausgemauerte Grube. Man legt ihm ein paar Hände voll Reis hinein, ein Krug Waſſer kommt dazu und dann wird die Grube mit Steinen geſchloſſen, die Fugen werden ſorgfältig verkittet, mit Harz übergoſſen; es geſchieht dies, um die großen weißen Ameiſen, die Termiten abzuhalten.

Die Grube wird mit Erde vollgefüllt und nach der verabredeten Zeit erſt wird ſie geöffnet.

Gewöhnlich hat der Büßer ſeinen Vorrath an Getränken und Speiſen nicht zur Hälfte aufgezehrt. Man findet ihn in tiefem Schlafe, aus welchem nur langſam die zutretende Luft und wiederholte Beſprengung mit warmem Waſſer ihn erweckt. Die Sache hat engliſche Aerzte intereſſirt und ſie haben Temperatur und Puls unterſucht, beide ſehr herab geſtimmt gefunden, ſonſt aber keinen krankhaften Zuſtand bemerkt. Die Büßer, welche wie betäubt ſind, nehmen jetzt ein ſehr geringes Quantum flüſſiger Nahrung zu ſich, Milch, Reisſchleim, Fruchtſäfte und ſteigen nach und nach bis zu ihrer gewöhnlichen Diät.

Ein ſolcher Büßer, der 40 Tage in ſeinem ſteinernen Sarge zugebracht

hatte, erklärte, wenn man ihm noch 100,000 Rupien gäbe, ſo laſſe er ſich ſofort von Neuem auf die gleiche Zeitdauer begraben.

Es lehrt uns dieſe Eigenthümlichkeit in der thieriſchen Oeconomie, daß die Wärme des thieriſchen Körpers mit dem Einnehmen von Nahrung und dem daraus hervorgehenden Stoffwechſel gleichen Schritt halte. Im gewöhnlichen Zuſtande haben die Säugethiere und Vögel eine gewiſſe, ſich ſtets gleichbleibende Temperatur, in dem Zuſtande größeren Verbrauchs und geringerer Zufuhr nimmt die Temperatur immer mehr ab, ſo beim Winterſchläfer bis auf 15 Grad, ſo beim Scheintodten bis auf die Temperatur der Umgebung.

Die Temperatur, deren Höhe bereits angegeben iſt, bleibt ſo außerordentlich conſtant, daß Jugend oder Alter, Geſundheit oder Krankheit faſt gar keinen Unterſchied machen. Man findet auf alten Thermometern einige merkwürdige Temperaturen ſchriftlich vermerkt: Kellerwärme, Blutwärme, Fieberhitze, Hitze am Senegal (die beiden letzteren beinahe vollkommen gleich), das iſt Aberglaube. Der im Fieberfroſt wie in der Fieberhitze Liegende hat 30—31 Grad Wärme und im geſunden Zuſtande nicht weniger, noch mehr, nur bei Kindern findet ſo wie bei ſehr alten Perſonen ein Wechſel ſtatt, der jedoch auch 2 Grad nicht überſchreitet.

Widerſtandsfähigkeit gegen Temperatureinflüſſe.

Der Menſch aber beſitzt das höchſt merkwürdige Vermögen, äußerer Kälte und Wärme auf eine unglaubliche Weiſe widerſtehen zu können, weil er ſeine Temperatur ſich ſelbſt macht. In Hinſicht auf Ertragen der Kälte kommen viele Thiere ihm nicht nur gleich, ſie übertreffen ihn ſogar, alle diejenigen, welche den hohen Norden bewohnen (die ſüdlichen Polargegenden haben keine Landbewohner), dauern bei der furchtbaren Kälte von 45 Grad unter 0 aus und, wie es ſcheint, ohne Beſchwerde. Allerdings haben ſie treffliche Pelze, um deren willen der Menſch ſie ſo ſehr beneidet, daß es ihm nicht darauf ankommt, ſie zu tödten und ihnen das Fell über die Ohren zu ziehen. Der blaue Fuchs, der weiße Wolf, der Zobel haben gar warme Kleider, jedoch die Pelze allein thun es auch nicht, denn wenn ein Menſch zwei ſolche Kleider über einander anzöge, wie die Bewohner des ganzen nördlichen Aſien es thun, das feinere Pelzwerk nach innen, das gröbere nach außen, ſo dürfte derſelbe ſich doch nimmermehr im Freien bei 45 Grad Kälte ſchlafen legen, er müßte denn die Abſicht haben, nicht wieder zu erwachen. Das Thier erträgt dieſe Kälte. Der Eisbär taucht aus dem Meere auf, in welchem er vielleicht einen ganzen Tag zugebracht, er klettert an den Eisſchollen empor, in wenigen Minuten iſt er von einem dicken

Eispanzer umhangen, das Wasser in den dicken Zotteln seines Felles gefriert, seine Haut ist demnach trotz des Pelzes oder vielmehr gerade durch diesen Pelz in innigster Berührung mit dem Eise; allein dies rührt ihn nicht, sein Magen ist ein so gut construirter Ofen, daß die grimmige Kälte ihn nicht dämpft. Ja wir brauchen nicht einmal so weit zu gehen, jedes unserer Hausthiere (welche doch nicht mehr im Naturzustande leben, also verwöhnt sind) erträgt die Kälte einer Winternacht ohne Schaden für seine Gliedmaßen oder sein Leben, und was das Wild betrifft, welches von dem Naturzustande noch nicht entwöhnt ist, so muß man erstaunen, daß Hirsch und Reh (nicht durch einen so schönen Pelz gegen den Frost geschützt wie der Fuchs und der Wolf) unseren Winter so gut ertragen; allein die Erfahrung lehrt es, und was man von Vögeln erzählt, welche bei großer Kälte todt aus der Luft herabgefallen sind, so ist dies nichts weiter als ein Mährchen: so lange das Thier in Bewegung ist, kann ihm der Frost nichts anhaben; jedoch wenn es ruht und wenn es nicht Nahrung hat, um daraus Wärme zu erzeugen, dann kann ein Erfrieren allerdings geschehen. Doch hier ist eben der Grund ein anderer, nicht der Frost tödtet das Thier, sondern der Mangel an Ersatzmannschaften, welche dem von außen andringenden Feinde entgegen gestellt werden sollen.

Schlecht bekleidet kann der Mensch nur wenig Kälte ertragen, doch hinlänglich genährt und in Bewegung vermag er auch in dem Falle einer kaum zureichenden Hülle einer Kälte von 6 bis 10 Grad zu widerstehen, auf angemessene Weise verwahrt aber kann er trotz dem nordischen Fuchs und Wolf Temperaturen von 35 bis 40 Grad unbeschadet ertragen.

Wir haben im mittleren Europa in dem Winter vom Jahre 1829 auf 1830 Monate lang 20 Grad unter 0 gehabt, wiederholt auf einige Wochen — 25, ja einmal in Stuttgart — 29 und in Berlin (welches nur 100 Fuß über dem Meeresspiegel liegt, also ein milderes Klima hat als das 1200 bis 1500 Fuß hoch gelegene mittlere Deutschland) doch auch — 28 Grad, dennoch ist nicht bekannt geworden, daß mehr Menschen erfroren sind als in anderen Wintern, ja man hatte sich nach und nach an die strenge Kälte so gewöhnt, daß, als im März 1830 die Kälte sich verringerte und nur noch — 12 Grad betrug, man dies für milde Witterung, gewissermaßen für eine Art von Thauwetter nahm und sich weniger warm kleidete.

In den sehr nördlich gelegenen Gegenden, in denen die Eskimo's, die Finnen und Lappen oder ihnen stammverwandte Völker wohnen, pflegt man allerdings sogar die Augen zu bedecken, durch Brillen aus feinen Fischbeinstreifen, die ein Gitter vor dem Auge bilden, allein nicht der Kälte wegen, sondern

wegen des blendenden Schnees; diese Brillen tragen die Grönländer ꝛc. nicht im Winter, sondern im Sommer. Im Winter ist es bei ihnen größtentheils Nacht und obwohl es sehr kalt ist, frieren doch Niemandem die Augen aus; im Sommer aber, d. h. am Anfange und am Ende desselben, wo die aufsteigende und die wieder Abschied nehmende Sonne keine Erde, sondern nur Schneefelder bescheint, blenden ihre Strahlen so sehr, daß häufig Blindheit, d. h. Empfindungslosigkeit gegen Lichteindrücke eintritt und gegen diese schützt man sich durch die gedachten Brillen. Zu der Zeit, wo selbst unter dem 72sten Grade nördlicher Breite noch Hafer reift, bedarf man dieser Brillen so wenig als im Winter.

Erfrieren.

In unseren Gegenden sind Todesfälle durch Erfrieren gar nicht so selten, als man bei dem milden Klima glauben sollte; es sind Fälle vorgekommen, wo man einen armen Handwerksburschen am Wege für immer entschlafen fand, da die Nacht doch thatsächlich nur eine Temperatur von — 1 Grad hatte. Das sind denn solche Fälle, wo bei schlechter Bekleidung die gleichfalls schlechte Nahrung nicht ausreichte, um den Temperaturabgang zu ersetzen.

Geht man unter solchen Umständen eines weiten Weges, wird man (wie dies nicht anders sein kann) müde, so tritt ein Zustand von Betäubung ein, der große Aehnlichkeit mit einem Rausch hat, solche Leute reden irre, verlieren die Besinnung, gehen in diesem Rausch wohl durch ein Dorf, wo sie im ersten besten Hause Rettung fänden, allein sie sehen und hören nicht, ihre Betäubung nimmt mit jedem Schritte zu, endlich setzen sie sich vor Ermüdung und fallen sofort in den wohlthuendsten Schlaf, der mit unbeschreiblichem Entzücken erfüllt, süße, liebliche Träume bringt und in diesen den letzten Freund des Menschen, den Tod.

Es scheint, als könne dies Niemand wissen, da Todte nicht viel über die dem Sterben vorangegangenen Zustände zu erzählen pflegen, dem denkenden Leser aber darf man wohl kaum sagen, daß die Berichte darüber von solchen Personen herrühren, welche man erstarrt gefunden, aber wieder ins Leben zurückgerufen hat; je nach dem Bildungsgrade derselben und dem Mittheilungsvermögen sind die Mittheilungen über den Zustand vor dem eigentlichen Einschlafen verschieden, alle aber sind darin übereinstimmend, daß sie nicht genug die beglückenden, überaus angenehmen Empfindungen preisen können, welche dem Schlafe vorhergehen; dies ist auch der Grund, warum wenige von den Personen, welche in diesen traurigen Fall kommen, der Nei-

gung zum Schlafe widerstehen; würde das Vorgefühl desselben minder angenehm oder würde der Frost, der die Betäubung hervorbringt, mit Schmerzen in den Gliedmaßen verbunden sein, so würden die Gefährdeten dem Schlafe nicht nachgeben.

Ertragen großer Hitze.

Im Gegensatz zu dem bisher Gesagten steht die mehr oder minder hohe Temperatur, welche Menschen und Thiere ertragen können. Man hat directe Versuche über diesen Gegenstand gemacht; wir wollen nicht die Gaukeleien von Leuten anführen, welche sich mit ihren Kunststücken für Geld sehen lassen, hier ist es immer auf Täuschung des Publikums abgesehen, das kochende Oel, in welchem ein zinnerner Löffel schmilzt und welches der Kunststückmacher angeblich mit Behagen trinkt, ist nicht kochend, es ist nicht heißer als der Kaffee, den die Dame zum Frühstück schlürft, denn der zinnerne Löffel ist nicht von Zinn, sondern von Rose'schem Metallgemisch gemacht und das glühende Eisen berührt nicht die Hand oder den Fuß, sondern einen Handschuh aus Eiweiß und Alaun. Allein in der Mitte des vorigen Jahrhunderts sind von mehreren Gelehrten wissenschaftliche Untersuchungen hierüber gemacht.

Der Engländer Fordyce ließ ein Zimmer durch heiße Wasserdämpfe heizen und brachte in einer Temperatur von 110, später von 120 Grad 20 Minuten lang zu. Dies klingt sehr „graulich", es will aber nicht viel sagen, denn in unsere Sprache übersetzt heißt es weiter nichts als: er konnte 50 Grad C. ertragen, 40 Grad bringt uns ein warmer Sommertag im Sonnenschein nicht gerade selten.

Später vereinigten sich Banks, Solander und Fordyce zu solchen Versuchen, sie ließen ein kleines Zimmer durch einen eisernen Ofen auf eine bedeutende Temperatur bringen, sie fingen mit 150 Grad (65 Grad C.) an, stiegen auf 198 Grad (93 Grad C.) und hielten zuletzt bei 212, d. h. bei dem Siedepunkt des Wassers (100 Grad C. oder 80 Grad R.) aus und Banks getraute sich, noch höhere Wärmegrade zu ertragen, obschon die Temperatur der Flüssigkeiten kaum annäherungsweise zu solcher Höhe zu ertragen waren, nämlich Weingeist nur bis zu 55 Grad C., eben so Oel, Wasser nur bis zu 50 Grad und Quecksilber nur bis zu 47 Grad C.

In dem Zimmer konnte Niemand seine Uhrkette anfassen und die Versuche waren so auffallend, daß man die Gelehrten, welche sich denselben ausgesetzt hatten, „die drei Männer im feurigen Ofen" nannte.

Höchst merkwürdig ist hierbei, daß die Temperatur ihres Körpers sich

cht um eine bemerkbare Größe änderte und daß diejenigen Aenderungen, welche
an allenfalls zu finden glaubte, ſich ſehr wohl auf Beobachtungsfehler
hieben laſſen. Es ſcheint dies darin ſeinen Grund zu haben, daß die
usdünſtung ungemein befördert wurde, wodurch, da zum Verwandeln von
lüſſigkeiten in Dampf viel Wärme erfordert wird, die dem Körper von
ußen zugeführte ſehr leicht verbraucht werden konnte.

Bei Verſuchen über die Blutwärme verſchiedener Thiere fand man,
aß Tauben, Hühner, Enten 43 bis 44 Grad C. haben, Käuzchen nur
0 Grad, Weihen nur 37 Grad (Fleiſchfreſſer alſo weniger), daß ferner
iegen, Rinder, Hirſche, überhaupt die Wiederkäuer unter den Säugethieren
s wärmſte Blut haben, 39 bis 40 Grad C. (31 bis 32 Grad R.),
atzen, Tiger, Panther nur 37 bis 38 Grad (kaum 30 bis 31 Grad R.).
on den Amphibien zeigten die Schlangen die höchſte Temperatur, 31 Grad
., Schildkröten 29 Grad, Kropfeidechſen (Iguana) 25 Grad, bei einer
ftemperatur, welche durchweg 2 bis 4 Grad niedriger war. Fiſche, in
r verſchiedenen Flüſſen unterſucht, hatten immer 2 Grad mehr als das
aſſer. Mollusken hatten gerade ſo viel als das umgebende Mittel, Cru-
ceen ſogar etwas weniger (einige zehntel Grade), Inſecten durchſchnittlich
bis 1 Grad mehr als die umgebende Luft.

Urſache der thieriſchen Wärme.

Es iſt beinahe drollig anzuſehen, wie ſich die früheren Phyſiker
gearbeitet haben, um die Urſache der thieriſchen Wärme zu erklären.
amberger leitete dieſelbe noch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts
n der Auflöſung der ſchwefelartigen Theile in den laugenartigen des
lutes her und vergleicht den menſchlichen Körper mit einem Haufen Tau-
ndünger, welcher ſich auch von ſelbſt erhitzt. Eine ganz ähnliche Erklä-
ng geben viele engliſche Aerzte, indem ſie die Neigung des Blutes, in
äulniß überzugehen, hervorhoben und die Wärme von dieſer ſtets beginnen-
n, im Werden begriffenen Fäulniß ableiteten. Es iſt kaum nöthig, das zu
iderlegen, es wurde auch ſchon damals nirgends anders als in England
hauptet, ſonſt überall als abſurd verworfen, da gerade der Lebensprozeß
e Fäulniß hindert und beginnende Fäulniß das einzig ſichere Zeichen
ufhörenden Lebens iſt.

Eben ſo ſonderbar iſt, was Boerhave und ſeine Schüler behaupten,
ß nämlich die Bewegung des Blutes in den Röhren (Adern) die Wärme
zeuge. Er ſtützt ſeine Behauptung darauf, daß Perſonen, welche ſich
bhaft bewegen, laufen, tanzen, wärmer ſind als ruhende (unwahr, ſie trans-

piriren, aber ihr Blut iſt nicht heißer, es drängt ſich nur mehr gegen die Peripherie und erhöht alſo die Temperatur der Haut um einen oder ein paar Grad, aber nicht die des inneren Körpers; ja wenn Schweiß eintritt, wird die Haut ſogar kälter, indem ihr die Verdunſtungswärme entzogen wird), daß Alter und Krankheit, welche die Pulsſchläge vermindern, auch die Temperatur herabdrücken ꝛc. Er ſchloß aus dieſen oberflächlichen oder falſch gedeuteten Beobachtungen, daß die Wärme des Blutes ſich direct verhalte wie die Geſchwindigkeit des Blutes und umgekehrt wie der Durchmeſſer der Gefäße; dadurch ward erklärt, warum die Wärme in den verſchiedenen Theilen des Körpers faſt einerlei ſei, weil in den größeren Gefäßen das Blut ſchneller, aber mit weniger Widerſtand circulire, was ſich in den kleineren Gefäßen dadurch compenſire, daß ſie dem weniger ſchnell bewegten Blute größeren Widerſtand entgegen ſetzten; dies ſollte auch erklären, warum kleine Thiere, Wieſel, Mäuſe, eben ſo warmes Blut haben als Elephanten.

Nun aber iſt Geſchwindigkeit und Reibung des Blutes an den Wänden viel zu ſchwach, um ſolch einen Effect hervorzubringen; vor allen Dingen aber iſt auch bei der lebhafteſten Bewegung von Flüſſigkeiten in Röhren die Reibung ſo gering, daß von einer Temperaturerhöhung durch dieſelbe keine Rede iſt. Uebrigens folgt die thieriſche Wärme auch gar nicht der Pulsgeſchwindigkeit, wenn in der Fieberhitze die Pulsgeſchwindigkeit von 70 auf 130 Grad ſteigt, alſo ſich beinahe verdoppelt, ſo erhebt ſich die Blutwärme höchſtens um 2 Grad, ja mitunter gar nicht und einige practiſche Aerzte haben ſogar eine Abnahme der Wärme im Fieber bemerkt. Die oben genannten Naturforſcher, welche ſich der Luft bei der Siedehitze des Waſſers ausſetzten, bemerkten, daß ihr Puls auf 144 Schläge in der Minute ſtieg, indeß die Temperatur ihres Blutes dieſelbe blieb.

Der ſchottiſche Arzt Robert Douglas ging nun ſo weit, die Wärme des Blutes aus der Reibung der feſten Theile darin zu erklären. Das Blut enthält Blutkügelchen, dieſe haben eine gewiſſe Größe, die feinſten Haargefäße des thieriſchen Körpers haben nicht Weite genug, um dieſe Blutkügelchen frei durchzulaſſen, ſie müſſen ſich durchdrängen und dies giebt eine ſo ſtarke Reibung, daß daraus Entzündungen entſtehen könnten, wenn nicht Flüſſigkeiten die Blutkügelchen umgeben und den Brand löſchen würden; Entzündung und Brand in der mediciniſchen Bedeutung ſeien aber nichts weiter als die Folgen der verſtärkten Reibung krankhaft vergrößerter Blutkügelchen in krankhaft verkleinerten Gefäßen.

Wäre dieſer Grund der richtige, ſo müßten die Fröſche die höchſte Blutwärme haben, denn ihre Blutkügelchen ſind im Verhältniß zu den Co-

illargefäßen ſo groß, daß ſie ſich beim Durchlaufen derſelben oval drücken müſſen, um durchzukommen.

Daß die Elektricität unter den Urſachen der thieriſchen Wärme nicht fehlen würde, war vorauszuſehen, ſie hat das Schickſal der etwas lebhaften Kinder, welche auch zum Sündenbock für alle üblen Thaten Anderer hergenommen und Alles gethan haben müſſen, wofür man den rechten Thäter nicht findet. Die Elektricität ſoll in den Thieren die Wärme erregen, aber diejenigen Thiere, welche die furchtbarſte Elektricitätsentwicklung zeigen, Zitterrochen und Zitteraal, ſind kaltblütige Thiere; alſo wieder eine Erklärung, die ſich in nichts auflöſt.

Neuere Anſichten.

Die neuere Phyſiologie, unterſtützt von der Chemie, hat, wie es ſcheint, das Wahre gefunden, ſie erklärt die Wärme für ein Product eines chemiſchen Zerſetzungs-, eines Verbrennungsprozeſſes. Der Feuerheerd iſt die Lunge, die Körper, welche verbraucht werden, ſind Sauerſtoff und Kohle. Athmung heißt der Verbrennungsprozeß ſelbſt, je lebhafter dieſer iſt, deſto größer iſt die Blutwärme, darum bei Fiſchen, welche nach unſern Begriffen gar nicht athmen (wiewohl ſie den Sauerſtoff der Luft, welcher im Waſſer enthalten iſt, durch ihre Kiemen ausſondern), weil ſie keine Lungen haben, die Temperatur am niedrigſten, bei Vögeln, welche die ausgedehnteſten Lungen, wahre Luftſäcke beſitzen, am größten.

In der Nahrung der warmblütigen Thiere befindet ſich eine ſehr große Menge Kohlenſtoff, am meiſten in den Pflanzen und deren Früchten, doch auch im Fleiſche ſehr viel, wenn ſchon weniger als in den Pflanzenſtoffen. In der Luft, welche zum Athmen dient, ſind in der Regel 21 Hunderttheile Sauerſtoffgas enthalten. Sie werden zum großen Theil mit der Kohle des Blutes verbunden und gehen als Kohlenſäure mit der ausgeathmeten Luft fort.

Es findet alſo in dem Körper der Thiere ein Prozeß ſtatt, welcher der Verwandlung der Kohlen gleich iſt, die wir unter Wärme- und Lichtentwicklung in der freien Luft wahrnehmen und die wir Verbrennung nennen; man bezeichnet daher ganz richtig den Lebensprozeß als einen langſamen Verbrennungsprozeß, bei welchem eine Temperaturerhöhung unausbleiblich und die natürliche Folge der Verbrennung iſt, aber eine niedrige bleibt, weil die Verbrennung nicht mit Flamme oder Gluth vor ſich geht.

Höchſt merkwürdig iſt die großartige Wechſelwirkung alles Lebens in der Natur. In dem gegenwärtigen Falle findet zwiſchen Pflanzen und

Thieren ein solcher Austausch der Stoffe statt, daß sie sich in der Oeconomie der Natur, in dem Haushalt der Erde das Gleichgewicht halten.

Kohlensäure ist in der Luft, in einem das thierische Leben nicht beeinträchtigenden Maße vorhanden, allein wenn sie gegenwärtig nur etwa $^1/_{10}$ pCt. beträgt, so wird doch durch den Athmungsprozeß vieler Milliarden Thiere und durch den Verbrennungsprozeß jedes Feuerheerdes, desjenigen, der mit dem Seehundsthran der Samojeden genährt ist, wie desjenigen, auf dem die Blattrippen der Cocospalmen oder die Stämme der Eiche und Buche brennen, die Kohlensäure in einem beunruhigenden Maße vermehrt. Aus einem Tausendtheil mußten bald zwei, zehn werden, ein Procent ist schon viel, das Fünffache hiervon macht die Luft beinahe unbrauchbar für die Erhaltung des thierischen Lebens.

Da kommt uns eine jener weisen Anordnungen in der Natur zu Hülfe, nach welcher, was dem einen schädlich, dem andern sehr nützlich ist. Das Wasser ist sehr begierig nach Kohlensäure und nimmt davon viel aus der Luft auf, die Pflanzen aber nehmen aus der Luft und dem Wasser die Kohlensäure in solcher Menge in ihre Substanz auf, daß hierdurch das bewegliche Gleichgewicht der Elementarverhältnisse in der atmosphärischen Luft erhalten wird.

Was an Kohlensäure durch den langsamen oder raschen Verbrennungsprozeß erzeugt wird, das geht in die Pflanzen über, welche diese Verbindung zersetzen und den Kohlenstoff binden, indeß sie den Sauerstoff frei machen; was die Thiere an Kohle consumiren, das verbinden sie zum großen Theil mit dem Sauerstoff der Luft, welche sie einathmen, zu Kohlensäure.

Athmungsprozeß. Ernährung.

Man kann nicht läugnen, daß die Verbrennung der Kohle durch den Prozeß des Einathmens nicht etwas so Einfaches als das Verbrennen der Kohle in Sauerstoffgas sei, im Ganzen sind jedoch beide dem Wesen nach vollkommen gleich und besondere deswegen angestellte Versuche haben sogar bewiesen, daß gleiche Mengen durch das Athmen gebildeter Kohlensäure *etwas mehr Wärme* erzeugen als die durch das Verbrennen entstandene, was auch stattfinden muß, da im Lebensprozeß noch andere, die Wärmeerzeugung befördernde Bedingungen, namentlich und vorzugsweise Bildung von Wasser, durch Verbindung des Wasserstoffes mit Sauerstoff, vorhanden sind.

Das Einathmen der Luft ist natürlich nicht der wärmeerzeugende, sondern der damit verbundene chemische Prozeß. Das Einathmen kann durch künstliche Reize sowohl bei todten Thieren bewerkstelligt werden, als man

s auch durch mechanische Mittel in seiner Gewalt hat. Dies aber erweckt as todte Thier nicht und erwärmt es auch nicht. Der chemische Prozeß ber, welcher die Wärmeentwicklung in seinem Gefolge hat, findet bei todten hieren nicht mehr statt, diese gehen nicht Verbindungen, sondern Zersetzungen in. Die chemische Verbindung aber des Kohlenstoffes im Blute mit em Sauerstoff der Luft wird durch den Lebensprozeß innerhalb der Lunge ewerkstelligt. Das schwarze Blut, welches aus dem Herz in die Lunge ritt, wird in dieser durch den Athemzug entkohlt, aus venösem Blute in rterielles verwandelt und kehrt als solches, fähig den Körper zu ernähren, u die andere Herzkammer zurück, um aus dieser durch die Pulsadern bis u die fernsten Theile des Körpers getrieben zu werden. Durch die Nah- ung werden die Stoffe aufgenommen, welche für den thierischen Körper othwendig sind, durch die Verdauungswerkzeuge werden sie so verkleinert, nit Speichel, Galle ꝛc. gemischt, daß sie, zu den Milchgefäßen gelangend, on diesen ausgesogen werden können, worauf der Milchsaft dem Blute zu- eführt wird. Ein fortwährender Zu- und Abgang findet auf solche Weise tatt, die Hauptumwandlung geschieht endlich durch die Berührung des Blutes nit dem Sauerstoff der Atmosphäre in den weiten Zellen der Lunge.

Stoffwechsel.

Beides, Ernährung und Befreiung von zu vielem Kohlenstoff, ist Be- dingung des Lebens; wo die Oxydation fehlt, ist das Arterienblut schwarz und träge, wo sie in genügendem Maße vorhanden, ist das Blut von einer prächtigen dunkelrothen Farbe. Wo Nahrung und Respiration in richtigem Verhältniß stehen, findet dasselbe statt, wo Ernährung zurückbleibt, die Oxy- dation fortschreitet, da ist Schwindsucht. Bei kräftigem Lebensprozesse, ge- nügender Ernährung und Oxydation findet eine stärkere Wärmeentwicklung statt, wo die Natur diese nicht verlangt, tritt bald eine große Trägheit ein. So ist es bei den Bewohnern der warmen und heißen Erdstriche, sie sind nachlässig, gleichgültig, träge bis zur völligen Arbeitsscheu, der Spanier, der Italiener arbeitet nur, wenn er muß, nur durch den Hunger getrieben, dann arbeitet er in Wuth, in wahrem Berserkerzorn darüber, daß er arbeiten muß, dreimal mehr als der Nordländer; hat er nun aber so viel verdient, um drei Tage zu essen und zu trinken, dann bekommt ihn Niemand wieder an die Arbeit, bevor das Geld nicht verausgabt ist und er nicht nachträglich noch zwei Tage gehungert hat.

Auch die Thiere der heißen Zone sind nicht gefräßig, darum aber auch in ihrem Fleisch und z. B. bei Kühen, Ziegen, Schafen in der Milch nicht

productiv. Schon in Ungarn hält man Kühe nicht mehr des Butter Käseertrages wegen; wo es kälter ist, da nimmt das Gethier viel m sich; der Oeconom weiß sehr wohl, daß er seinen Viehstand währe Winters besser versorgen muß.

Der Mensch im nördlichen Europa (Ostseeländer und Nordseelände zehrt dreimal so viel als der Italiener und sechsmal so viel als der S noch mehr nimmt der Bewohner der Polarkreise zu sich und da er u Wärmeerzeugung willen, die bei ihm stärker sein muß als bei dem länder, stärkerer Respirationsmittel bedarf, so hat die Natur ihn auf mein kohlenstoffhaltige Nahrungsmittel, auf thierisches Fett, Seehundsf angewiesen; dies zu verbrennen, braucht er viel Sauerstoff, seine L thätigkeit ist sehr groß und daher seine bedeutende Wärmeentwicklung.

Daß nun doch in allen Zonen und unter den verschiedensten Ums die Blutwärme der höheren Thiergattungen immer dieselbe ist, wen nur sehr geringe Abweichungen stattfinden, kommt von einer vielfa nannten, aber zur Verzweiflung aller Physiologen noch nirgends aufgew Thätigkeit, kommt von der Lebenskraft her, einem harmonischen Zusa wirken aller Kräfte zu einem gemeinsamen Zwecke, zum Aufrechthalt Organismus.

Der Verfasser fühlt wohl, daß hiermit nichts erklärt sei, er gieb Worte jedoch auch nicht für eine Erklärung aus, sondern gesteht, d keine Erklärung habe für das, was man unter dem Worte Lebenskraf zusammenfaßt und wovon die Erhaltung der thierischen Wärme auf überall und immer gleichen Stufe nur ein höchst untergeordneter Thei

Wärme und Vegetation.

So unerläßlich die Wärme für den thierischen Körper ist, e nothwendig ist sie für die Pflanze. So wie das thierische Leben e so auch das Pflanzenleben, wenn ihm die unerläßliche Bedingung des L die Wärme, bis zu einem gewissen Grade entzogen wird. Wo diese nur in geringer Menge auftritt, da ist die Vegetation eine nur dü je höher die Temperatur eines Landes, nicht sowohl die sonst fast beachtete mittlere, sondern die extreme die Sommertemperatur ist, des hafter ist die Vegetation, wenn die beiden andern Bedingungen, Na und Feuchtigkeit nicht fehlen, diese allein ohne die Wärme bewirken Die Quellen von Island durchfurchen einen vulkanischen Boden, der jeder aus der Lava entstandene, höchst fruchtbar ist, allein eben da, w Quellen ihr Wasser ergießen und wo in unseren Regionen die Bedin

zum üppigſten Pflanzenwuchs gegeben wären, iſt dort Alles ſtarr und todt, weil die erſte Lebensbedingung für die Pflanze, weil die Wärme fehlt, die Quellen haben die mittlere Bodentemperatur und dieſe ſteht dicht an der Grenze des Gefrierpunktes.

Wir können zwar die Wärme nicht meſſen, welche ein keimendes Gerſtenkorn entwickelt, ſehr bemerkbar wird ſie aber, wenn man die vielen Kleinigkeiten von Wärme zu einer Summe addirt, dieſe ſpricht ſich am Thermometer in vielen Graden recht deutlich aus. Feuchtes Getreide auf einen Haufen geſchüttet, erwärmt ſich durch den Keimprozeß der einzelnen Körner und nur unter der Bedingung dieſer aus dem Leben der Kerne hervorgehenden Erwärmung tritt die Entwicklung der Keime, die der Wurzeln, die Diaſtasbildung und die nachherige Umwandlung des Getreides in Malz ein (man zerſtört die Keimkraft, nachdem die Zuckerbildung eingetreten iſt, durch Erhitzung). Hindert man die Erwärmung, welche vor dem Keimen eintreten würde, etwa dadurch, daß man durch das aufgeſchüttete Getreide fortwährend einen kalten Luftſtrom führt, ſo würde der Keimprozeß gar nicht ſtattfinden, das Samenkorn bliebe trotz des vorhergegangenen Quellens ein todtes Korn, es erwachte nie zum Leben.

Was an Wärme die Pflanze durch den auch ihr zukommenden Lebensprozeß entwickelt, dürfte ſehr ſchwer zu beſtimmen ſein, gewiß iſt aber, daß dies doch nicht unbeträchtlich ſein kann, denn in einer Temperatur von 20 Grad unter dem Gefrierpunkte, wie ſie im nördlichen Europa und von 40 Grad, wie ſie im nördlichen Aſien vorkommt, erfrieren Föhren, Tannen, Zirbelnußbäume (Pinus cembra) nicht. Nun, trocknes Holz friert freilich nicht aus einander, wird man vielleicht ſagen, allein der *lebendige* Baum iſt während des Winters *nicht* trocken; tritt dies ein, ſo iſt er es auch im Sommer, d. h. er iſt abgeſtorben. In dem winterlich entlaubten Baume ſind die Säfte nicht zu Holz geworden, wie der Förſter ſagt, ſind ſie auch nicht zurückgetreten in die Wurzel (ſonſt müßten dieſe die Waſſerſucht bekommen), ſondern was die Blatt-, Frucht- und Holzbildung der warmen Jahreszeit übrig gelaſſen an Säften, das iſt Alles in den Zellen vorhanden, von dem Baſt und Splint unter der Rinde bis zum Mark.

Eigene Wärme der Pflanzen.

Hätte der Baum nun keine eigene Wärme, ſo würde der Stamm die Temperatur der Umgebung annehmen müſſen und die natürliche Folge davon wäre, daß der Baum unzählige Riſſe und Spalten bekäme, indem die Säfte beim Gefrieren ſich ausdehnen. Dies geſchieht auch bei einem im Spät-

herbst oder im Winter abgehauenen Baum. Schon der Holzschläger weiß, daß er einen lebenden Baum mitten im Winter leicht fällen kann, aber an einen im Herbst gefällten Baum macht er sich im Winter nicht gern, denn es ist bei jedem Hiebe, als wollte die Axt zerspringen.

Die lebhafteste Wärme aber entwickeln Pflanzen während ihrer Blüthezeit. Diese Versuche gehören nicht einmal zu den zarten, man beobachtet die Temperatur der Luft und steckt dann ein Thermometer mit ziemlich kleiner Kugel in das Innere einer sich so eben entfaltenden großen Blume, ein Cactus grandiflora, eine Magnolia sind dazu sehr geeignet, sie geben Temperaturdifferenzen von 7 bis 8 Grad. Die Brüder Schomburg haben deren von 12 Grad beobachtet und auch sogar die Pulsationen während der verschiedenen Tageszeiten und Entwicklungsperioden gefunden.

Auch hier beruht die Wärmeerzeugung auf dem geheimnißvollen Lebensprozeß, auf dem Stoffwechsel, es ist also unzweifelhaft das Pflanzenleben wie das thierische eine mächtige Wärmequelle.

Von der Wärmeerzeugung durch Elektricität

haben wir in der ersten Abtheilung dieses Buches bereits gesprochen und es ist darüber nur noch Weniges hinzuzufügen; dieses Wenige ist nicht eigentlich eine Erklärung, sondern vielmehr eine Thatsache, das Warum wissen wir auch hier nicht, wir wissen nur, daß es so ist und hatten wir vorhin mit einer geheimnißvollen „Lebenskraft" zu thun, so haben wir es jetzt mit einer nicht weniger geheimnißvollen elektrischen Kraft zu thun.

Das Factische ist: wenn man die Elektricität durch einen sie leitenden Körper hindurchströmen läßt, so wird derselbe um so stärker erwärmt, je mehr Elektricität durch ihn hindurch geht, um so stärker, je schlechter er bis zu einer gewissen Grenze leitet, doch muß er ein guter Elektricitätsleiter sein; z. B. wird ein Kupferdraht von einer gewissen Menge Elektricität nur heiß, von der ein gleich starker Platindraht glühend, von der ein gleich starker (natürlich auch gleich langer) Eisendraht geschmolzen wird.

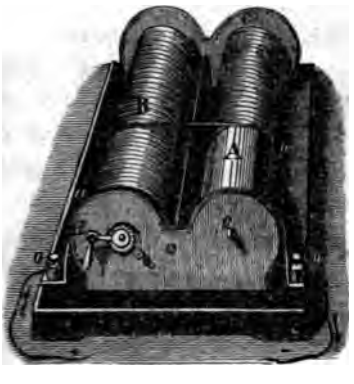
Daß die Erwärmung durch die Elektricität so gut Zeit erfordert, wie die Erwärmung auf jede andere Weise (nur weniger), unterliegt keinem Zweifel. Geht der elektrische Schlag in vollster Gewalt durch einen Haufen Schießpulver, so zerstreut er ihn, zündet aber nicht; vermindert man den Schlag, so findet die Entzündung statt; die Zeit ist freilich sehr kurz, allein Analogien hat man doch. Bevor eine Eisenkugel im Kohlenfeuer weißglühend wird, vergeht eine geraume Zeit, um aber eine kleine Eisenkugel bis zum Schmelzen, ja zum Verbrennen zu erhitzen, bedarf es nur eines Schlages

mit einem Stein auf einen Feuerstahl, der Schlag dauert wohl kaum den zwanzigsten Theil einer Secunde und in dieser kurzen Zeit ist doch das abgerissene Stahlkügelchen von 0 Grad auf 1200 Grad gestiegen.

Bei dem galvanischen Strom ist die Zeit, welche erfordert wird, um Erhitzung zu bewerkstelligen, sogar sehr deutlich meßbar. Wenn man eine Batterie von 3—4 gut wirkenden constanten Elementen hat und man schließt diese Batterie mit einem nicht gar zu dünnen Draht, so kann man denselben anfassen, bemerken, wie er warm und wärmer wird und man hat Zeit genug, um loszulassen, bevor man sich verbrennt. Ist der Draht dünner, so geschieht alles viel schneller und hat er endlich diejenige Feinheit erreicht, bei welcher er leicht und rasch in's Glühen kommt, so ist doch Niemandem zu rathen, den gedachten Versuch zu machen, er würde furchtbare Brandwunden davon tragen, bevor er im Stande wäre, den gehaltenen Draht loszulassen, denn der elektrische Strom wirkt schneller als der Wille des Menschen.

Daß aber, wie schon aus den Andeutungen hier hervor geht, der Leitungswiderstand eine große Rolle spielt, kann man sich durch Einschiebung eines Rheostaten deutlich machen.

Fig. 288.



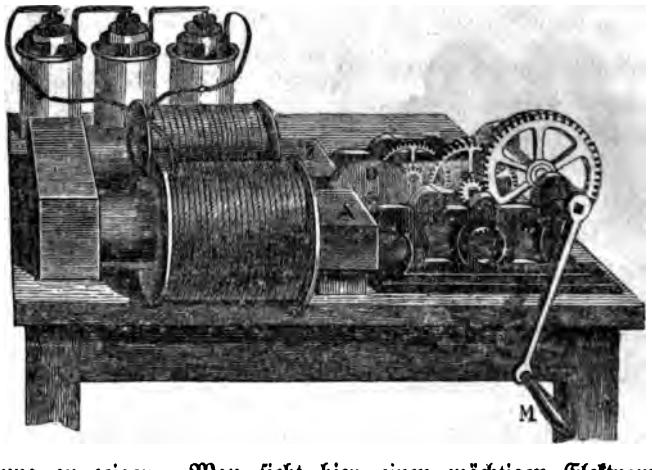
A und *B* sind zwei gleich lange und gleich starke Cylinder, *A* von Kupfer oder Messing, *B* von Serpentinstein, welcher sehr leicht zu bearbeiten ist. Der letzte der beiden Cylinder hat über seiner ganzen Länge eine Spirale eingedreht, auf welcher ein starker Kupferdraht aufgewickelt ist — das zweite Ende dieses Drahtes ist auf dem Metallcylinder befestigt und es kann zum Theile oder ganz auf diesen und von dem andern abgerollt oder es kann ganz auf den Steincylinder auf- und von dem Metall abgewickelt werden. Man läßt den electrischen Strom bei *o* in der Richtung des Pfeils eintreten; so weit der Draht auf der Steinrolle befindlich, muß der Strom allen seinen Windungen folgen, denn sie laufen in den eingedrehten Vertiefungen, welche jede Windung von der andern entfernt halten; sobald aber der Strom auf die Messingwalze übergeht, ändert sich dies dahin, daß der Strom unmittelbar aus der Walze austritt (bei *n*) und es dabei gleich ist, wie viele Windungen auf der Rolle sind, denn von der ersten bis zur letzten sind alle unter einander durch das Metall, worauf sie ruhen, verbunden. Für den Leitungswiderstand kommt also nur dasjenige in Betracht, welches auf der Steinrolle liegt und man kann diesen

Theil beliebig verlängern oder verkürzen, d. h. man kann den Leitungswiderstand vermehren oder vermindern.

Hat man nun zwischen die Pole einer Batterie einen solchen Rheostaten eingeschaltet und bringt alsdann erst mit dem Rheostaten und dem andern Pole der Säule den Draht, welcher zum Glühen kommen soll, in Verbindung, so hat man durch die Länge des Drahtes, den man auf der Spule *B* aufgewickelt hat, es in seiner Gewalt, wie bald die Erwärmung eintreten soll. Je geringer der Leitungswiderstand ist, desto schneller wird es geschehen. Natürlich ist dies nicht allein der Zweck des Instrumentes, dasselbe soll dienen, um den elektrischen Strom stets gleich stark zu erhalten, was man dadurch bezweckt, daß man zuerst den stärksten Leitungswiderstand braucht und dann, wie die Batterie an Kraft abnimmt, auch den Widerstand abnehmen läßt.

Auch der Magnetismus bewirkt eine nicht unbeträchtliche Erwärmung, wenn man hinlänglich starke Mittel anwendet. Die Fig. 289 zeigt den Apparat, welchen der französische Physiker Foucault gebraucht, um diese

Fig. 289.

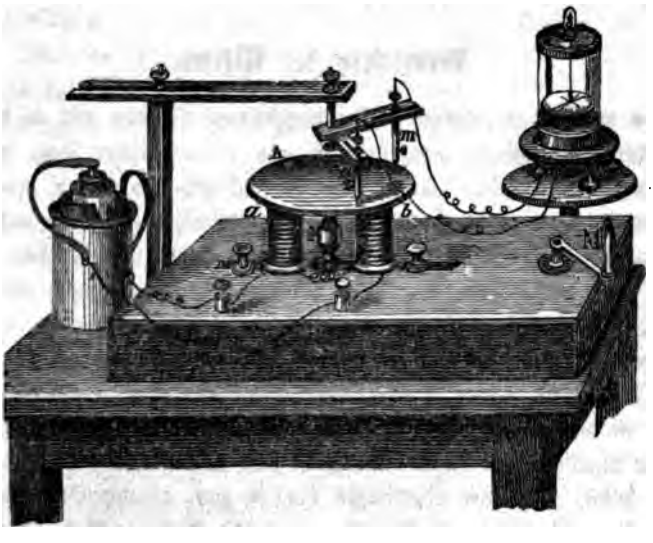


Erwärmung zu zeigen. Man sieht hier einen mächtigen Elektromagneten durch drei Grove'sche Elemente erregt. Ein paar Eisenplatten *A* und *B* sind vorne an seine Pole gesetzt und so gestellt, daß sie sich an beiden Seiten einer Kupferscheibe *D* von 2′ Durchmesser bis auf einen halben Zoll nähern. Die Handhabe *M* setzt ein Räderwerk in Bewegung, mittelst dessen man der Scheibe *D* eine Umdrehungsgeschwindigkeit von mehr als 200 Mal in der Secunde geben kann. Ist der Elektromagnet nicht in Thätigkeit, so kann man die Scheibe ziemlich leicht drehen und hat sie eine gewisse Umdrehungsgeschwindigkeit erhalten, so läuft sie lange fort, wenn man aber

nunmehr den elektrischen Strom durch den Draht des Elektromagneten gehen läßt, so wird der Apparat fast augenblicklich angehalten, will man ihn in Bewegung setzen, so kostet es eine bedeutende Arbeit und in kurzer Zeit wird die Scheibe so heiß, daß man sie nicht berühren kann, sie erhebt sich bis auf 70 Grad.

Auch mit geringeren Hülfsmitteln soll, wie Matteucci an dem unter Fig. 290 veranschaulichtem Apparat gezeigt hat, etwas Aehnliches gelingen.

Fig. 290.



Das Räderwerk, welches durch die Kurbel *M* getrieben wird, um die Scheibe *A* zu bewegen, befindet sich in dem Kasten, auf welchem der Apparat steht. Unter der rotirenden Scheibe sind die Theile eines starken Elektromagnets sichtbar, über der Scheibe schweben an einem beweglichen Arme die Leiter *m* und *n*, welche die Scheiben an verschiedenen Punkten berühren und zu einem Galvanometer führen, an welchem man durch Ablenkung der Nadel die elektrische Stromrichtung in der Scheibe erkennen kann. Wird der Apparat in Bewegung gesetzt, während die elektrische Säule thätig ist, der Elektromagnet als solcher wirkt, so bemerkt man an der Scheibe eine deutlich ausgesprochene Temperaturerhöhung; da aber Matteucci der Urheber dieses Experimentes ist, so erfordert es noch von vielen Seiten der Bestätigung, bevor man die Behauptung als Thatsache annehmen kann.

Zur Beantwortung der Frage: was macht denn warm bei dem elektrischen Strome? hat man kaum einen schwachen Ansatz genommen; man kann sagen: nach dem Gesetz der Reciprocität muß, da Wärme Elektricität

frei macht, freie Elektricität Wärme erzeigen; man kann auch sagen: d Elektricität stets chemisch wirkt, chemische Wirkung aber stets mit Temperatur veränderung verknüpft ist, so muß die Elektricität wohl Temperaturveränd rungen erzeugen — wem dies genügt, der ist sehr genügsam, der Verfasse aber und die neueren Lehrbücher haben leider nichts besseres und darum scheint es am Angemessensten zu sagen: daß der elektrische Strom erwärmt ist eine Thatsache — woher es kommt, wissen wir nicht.

Verbreitung der Wärme.

Das wunderbare Agens, dessen verschiedene Quellen wir in dem Bisherigen betrachtet haben, verbreitet sich von irgend einem Sitz, von einer Lichtflamme, einem Ofen, einer heißen Metallkugel, der Sonne, dem thierischen Körper — was es auch sei, in sehr verschiedener Weise und es hat dieses Agens, diese Thätigkeit, theils in sich selbst Eigenschaften, welche uns nöthigen, verschiedene Wärmearten anzunehmen. Um die nunmehr folgenden Erscheinungen aber mit Sicherheit betrachten, auffassen zu können, müssen wir uns klar zu machen suchen, auf welche Weise man überhaupt sich die Wärme zu denken habe.

Es ist die Frage: was ist Wärme? Darauf antworten die der Emanationslehre Anhängenden: sie ist ein *Theil des warmen Körpers*, den dieser von sich selbst, nach allen Richtungen hin, in ganz gerader Linie mit unendlicher Geschwindigkeit ausschickt. Diese ausgeschickten, unendlich vielen Theilchen sind von solcher Feinheit, daß sie nichts wiegen, auch in größter Masse verloren sowohl als aufgenommen, den Körper nicht leichter, den aufnehmenden nicht schwerer machen.

Die Körper senden ihre Wärme *strahlenförmig* aus, diese Strahlen können zurückgeworfen, abgelenkt, gebrochen werden und sie folgen dabei ganz bestimmten, feststehenden Gesetzen, welche wir sowohl hier als noch specieller bei der Lehre von dem Lichte kennen lernen werden, das denselben Gesetzen folgt.

Die Emanations-, die Aussendungstheorie hat lange Zeit für die bekannt werdenden Erscheinungen ausgereicht; daß man nicht *begreift*, wie ein Körper unendlich viele Theile mit unendlicher Geschwindigkeit aussenden kann, ohne etwas von seinem Gewichte zu verlieren, wie ein Körper unendlich viele Theile aufnehmen kann, ohne zu gewinnen, *dies hindert die Möglichkeit nicht*; wenn auf Erden nichts geschehen sollte, als was wir begreifen, so würde sehr Vieles ungeschehen bleiben müssen; was begreifen wir denn von den uns allergewöhnlichsten Erscheinungen, von An-

hung, von Schwere, von Elasticität ꝛc.? Das Wort „unendlich" hat eine kaumliche Dehnbarkeit, wenn die unendliche Menge von Theilchen, lche ein Körper mit unendlicher Geschwindigkeit aussendet, unend- h wenig wiegen, so hat dies unendlichmal unendlich einen so precairen erth, daß der Mathematiker sich weigert, ihn zu bestimmen. Dies also irde kein Hinderniß für die Annahme der Hypothese oder Theorie sein; ein es giebt eine so große Anzahl von Erscheinungen, die sich dadurch gar ht erklären lassen, daß die Physiker dieses Jahrhunderts, auch wenn sie sprünglich ganz der alten Schule angehörten, sich doch nach und nach ge- thigt sahen, ein Stück nach dem anderen von dem eingenommenen Felde fzugeben und der Vibrationstheorie einzuräumen.

Dies Erzitterungssystem stützt sich auf die Fortpflanzung des Schalles rch die Luft. Die Töne gehen nicht von der Glocke aus zu dem Ohre, ndern die in Schwingung gesetzte Glocke giebt den nächsten Theilen der : umgebenden Luft solche Schwingungen wie sie, die Glocke selbst hat, diese ächsten Theile geben die empfangenen Schwingungen weiter und diese wieder eiter, so besteht endlich der Schallstrahl, welcher unser Ohr trifft, in einer nter einander liegenden Reihe von Lufttheilchen, deren jedes einen Stoß npfangen und weiter gegeben hat, bis das letzte Lufttheilchen einen eben lchen Stoß dem Trommelfell des Ohres giebt und dadurch der Gedanke, ie Empfindung, das Bewußtsein — „ich höre" — entsteht.

Euler's Ansichten.

Aristoteles hat schon den Gedanken gehabt, ob das Licht sich nicht wa auf dieselbe Weise fortpflanze wie der Schall; Huygens hat schon n Jahre 1690 diesen Gedanken ausgesprochen, allein erfolglos, es war ein unke, der auf nassen Zunder fiel.

Euler gab im Jahre 1740 zu Berlin eine Schrift „neue Theorie s Lichtes und der Farbe" in lateinischer Sprache heraus; diese hat sich mmer mehr eingebürgert und man geht jetzt allgemein von der Ansicht aus, ß sie die einzige richtige sei, weil alle Erscheinungen des Lichts und der ärme sich durch sie erklären; so wollen wir dieselbe hier folgen lassen und : Erscheinungen der Wärme (so wie später die des Lichts) auch auf sie s die beste Erklärungsweise stützen.

Der Weltraum ist erfüllt von einem äußerst zarten Körper, dem Aether. ine Schwere ist so gering, daß sie unbedenklich = 0 gesetzt werden kann, ne Widerstandsfähigkeit mithin so gering, daß sie die gewaltigen Massen r Planeten in ihrem Laufe nicht aufhält; doch nicht gering genug, um ne Einfluß auf leichtere Weltkörper, wie z. B. die Kometen zu sein, deren

Bahnen dadurch verkürzt werden. Man kann ſich wohl denken, daß ein Körper, der bei einer Dicke von 3 Mill. Meilen noch das Licht eines Sternes ſechſter Größe durch ſeine Maſſe gehen läßt — wie dies mit den Kometen unzweifelhaft geſchieht — von einer Zartheit ſein müſſe, von der wir keinen Begriff haben; unſer Nebel iſt bei 10 Fuß Dicke ſchon viel zu compact, um noch das Licht kleinſter Sterne durchzulaſſen; die klarſte Luft der ſüdlichen Zonen iſt, wenn man horizontal durch ſie hindurch ſieht, noch viel zu dicht, um dem Sternenſchimmer Durchgang zu geſtatten. Im Horizont ſieht man zwar Sterne erſter Größe ſelbſt in mittleren Breiten, Sterne zweiter und dritter Größe ſelbſt in den Tropenländern, aber um einen Stern ſechſter Größe am Horizont aufgehen zu ſehen, würde man ſich nicht allein auf die Höhe von Quito begeben, man würde wohl den Chimboraſſo bis in die Nähe der Schneegrenze beſteigen müſſen, um die Hälfte der Luftmaſſe unter ſich zu haben.

Körperlich aber iſt dieſe durchſichtige Luft noch in viel höheren Regionen, denn nicht nur trägt ſie 1½ Meile hoch über der Meeresfläche noch den Condor ſchwebend auf ſcheinbar ruhenden Flügeln, ſie wirft ſogar noch in der Höhe von 10 Meilen die Lichtſtrahlen zurück.

Gäbe man dieſer zarten Luft, ohne daß ſie durch die Schwere von einem Erdkörper gefeſſelt, alſo gegen denſelben hin compacter würde (wie unſere atmoſphäriſche Luft immer dichter wird, je näher ſie dem Erdkörper kommt), gäbe man dieſer Luft eine Dicke von 1000 Meilen, ſo würde ſie kein Sternenſchimmer mehr durchdringen, wie nun erſt bei 100,000 Meilen und beim Dreißigfachen dieſer Dicke.

Der Aether.

Dies iſt denn das Maß der Zartheit der Kometenmaſſe und Derjenige, der ſich durch Rechnung eine Vorſtellung von dieſer ungemeinen Feinheit machen kann, der vermag auch zu begreifen, daß es wohl ein noch feineres Fluidum geben könne, mit welchem der Weltraum erfüllt und welches zart genug iſt, um den Planeten keinen Widerſtand zu leiſten, dem Aſtronomen doch dadurch Kunde von ſeiner Anweſenheit im Weltraum giebt, daß es die Bahnen der Kometen verkleinert.

Es iſt begreiflich, daß ſich der Aether durch kein anderes Experiment nachweiſen läßt; dies Experiment machen uns aber die der Sonne nächſten Kometen alle 4—6 Jahre vor und es ſcheint, da hiermit ſeine Exiſtenz außer Zweifel geſtellt, nicht mehr ganz thöricht, auf dieſe Exiſtenz des Aethers eine Theorie zu bauen.

Es kann Niemand eine Hand voll Luft nehmen und ſie 50 Schritte

weit wie eine Hand voll Schrot werfen, noch viel weniger wird dies also mit dem Aether der Fall sein. Schon Dinge, welche 200, 400 Mal schwerer als Luft sind: Federn, Papierschnitzel, Sägespäne, lassen sich nicht mit Erfolg werfen und sie sind doch viel *schwerer* als die Luft, wie sollte man etwas um so viel *Leichteres* bewegen können.

Dennoch sehen wir an der Luft, daß auch sie bewegt werden könne, nicht wie beim Sturm, beim Orkan, 80 oder 120 Fuß in der Secunde fortgehend, sondern 1040 bis 1050 Fuß in der Secunde zitternd, vibrirend wie beim Schall. Sollte denn hier die Grenze sein? gewiß nicht, dies ist nur die Elasticitätsgrenze und Körper, welche elastischer sind, haben auch eine schnellere Fortpflanzung des Schalles durch die Zitterbewegung, aber obwohl dabei unzweifelhaft die Theile des den Schall leitenden Körpers bewegt werden, geht doch nicht ein Theilchen Luft von dem Violinspieler aus durch den Concertsaal zu den Zuhörern, sondern es ist in allen Theilen der Luft das bekannte Spiel des „Gieb es weiter" eingeleitet, nur geht es etwas schneller, als wenn ein Nachbar dem andern eine Ohrfeige giebt.

Ganz auf dieselbe Weise wie die Fortpflanzung des Schalles durch die Luft, haben wir uns die der Wärme durch den Aether zu denken. Die Sonnenwärme setzt die dem Sonnenkörper zunächst liegende Schicht des Aethers in Bewegung, diese giebt den Impuls der nächsten Schicht und kehrt dann in ihre frühere Lage zurück; die zweite Schicht giebt den empfangenen Impuls der dritten Schicht ab und kehrt dann in ihre ursprüngliche Ruhe zurück, unterdessen hat aber die erste Lage einen neuen Impuls bekommen, diesen giebt sie der zweiten Lage ab, indeß die dritte Schicht den ihrigen der vierten abgiebt; die erste ist wieder in Ruhe zurück gekehrt, die vierte giebt den Impuls der fünften, die zweite der dritten; die erste hat unterdeß wieder einen neuen Impuls erhalten und so fort; so lange überhaupt die Thätigkeit der Wärmequelle währt, was natürlich bei der Sonne ohne Aufhören fortdauert, bei jeder anderen Wärmequelle aber eine Begrenzung hat.

Die Wellenbewegungen gehen gleich denen, die ein Stein auf einer Wasserfläche verursacht, rings um den wärmenden Körper in Kugelschalen vor sich, eine Ebene durch eine solche Sphäre gelegt, würde uns das Bild der Wellen im Wasser geben und um einen Wärmestrahl (oder Lichtstrahl, denn das Licht verbreitet sich genau nach denselben Gesetzen wie die Wärme) anschaulich zu machen, müßte man eine solche Wellenebene noch einmal senkrecht durchschneiden. Der Durchschnitt würde uns eine geschlängelte Linie *cdef* zeigen, deren auf- und absteigende Theile Berg und Thal, die Bewegung der Aethertheilchen bei der Wärmeerregung geben, indeß die längere

gerade Linie *a b* die Richtung des Wärmeſtrahles bietet, wie die hier eingeſchaltete Linie zeigt, in welcher die einzelnen Striche das Auf- und Abſteigen der angeſtoßenen Aethertheilchen verſinnlichen.

Fig. 291.

Auf ganz gleiche Weiſe bewegt ſich das Licht; und der Unterſchied zwiſchen Wärme und Licht wird gegenwärtig nur in der verſchiedenen Schnelligkeit, mit der die Schwingungen erfolgen und in der verſchiedenen Breite der Wellen geſucht. Die alten Theorien ſehen die Wärme als eine Materie an, welche der erwärmte Körper erhält, der erkaltende verliert; die Vibrationstheorie läßt den wärmer werdenden Körper ohne Vermehrung ſeiner Maſſe in Schwingung, den kälter werdenden ohne Verminderung ſeiner Maſſe in Ruhe übergehen, mehr oder minder heiß iſt nur der Ausdruck der größeren oder geringeren Schwingungen und Schwingungs-Geſchwindigkeiten, in welche der Körper verſetzt worden iſt. Die Theilchen des Körpers in Ruhe bedürfen eines gewiſſen Raumes, den wir als die Ausdehnung des Körpers kennen; dieſelben Theilchen in Bewegung, Vibration, bedürfen eines größeren Raumes, das iſt dasjenige, was wir als Ausdehnung durch die Wärme kennen. Einer ſolchen Ausdehnung iſt aber jeder Körper unterworfen, er möge feſt, flüſſig oder gasförmig ſein.

Ausdehnung der Gaſe.

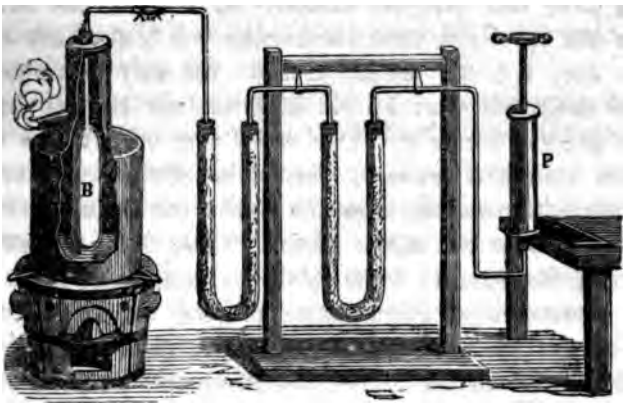
Wir haben bei dem Abſchnitt von den Meßinſtrumenten für die Wärme dieſe Ausdehnung bereits kennen gelernt, wollen aber doch Einiges über die Methode, die Ausdehnung zu meſſen, beſonders in Beziehung auf die Gaſe, ſagen, um zu zeigen, welchen Grad von Genauigkeit man anzuwenden für nöthig hält, um die Geſetze der Ausdehnung zu ermitteln.

Da es bekannt iſt, daß die Gaſe durchweg mit Feuchtigkeit beladen ſind, man jedoch die Gaſe rein haben will, ſo verfährt man, um ſie zu trocknen, auf folgende Art:

B der Fig. 292 (S. 335) iſt ein Glasgefäß mit ſehr langem, dünnen Rohr, welches, in ein Knie gebogen, durch Gummi elaſticum mit einem andern ähnlichen Rohre verbunden, zu dem Trocknenapparat führt; dieſer beſteht aus einem hölzernen Gerüſte, welches zwei U förmig gebogene Röhren

ɪt, in denen eine sehr nach Feuchtigkeit begierige Substanz, gewöhnlich kner, salzsaurer Kalk liegt. Die Figur spricht selbstverständlich aus, wie Verbindungen durch gut schließende mit Wachs getränkte Korke gemacht

Fig. 292.



rden, um die Luft aus dem Gefäße B nach der kleinen Luftpumpe P zu en, mittelst deren man B entleeren kann, worauf man durch das letzte hr diejenige Gasart, deren Ausdehnung man prüfen will, in das Gefäß ichen läßt. Es giebt für diese Gasart nur einen Weg, dies ist der Weg :h die beiden Röhren mit salzsaurem Kalk, hiermit in Berührung, ver- en sie sofort ihre Feuchtigkeit und treten völlig getrocknet in das Gefäß B.

Dicht unter dem Knie des dünnen Rohres dieses Gefäßes wird dasselbe mehr abgeschnitten und mittelst einer starken Flamme erhitzt man das de so, daß es sich in eine feine Spitze ausziehen läßt, die man abbricht, sie offen zu haben.

Die Umgebung von B zeigt uns ein Blechgefäß, worin etwas Wasser halten, es hat oben einen guten Korkverschluß, durch welchen das Rohr Glasgefäßes geht, seitwärts aber sieht man ein Abzugsrohr für die mpfe. Das Blechgefäß steht auf einem kleinen Ofen.

Nachdem Alles so weit vorbereitet ist, wägt man das Gefäß mit dem se auf das Sorgfältigste, dann bringt man es in den Kochapparat und t nun das Wasser darin zum Kochen kommen, wobei der leere Raum siedend heißen Dämpfen erfüllt wird, welche dem Glasgefäße B ihre nperatur mittheilen; sobald dies vollständig geschehen ist, schmelzt man dem Löthrohr die Spitze des Rohres an dem Gefäß B zu und läßt zuerst alles erkalten, dann nimmt man den Gasbehälter heraus, steckt mit der Spitze des Rohres in ein Quecksilbergefäß, benetzt ihn aus-

wendig mit Eiswasser und wenn es die Temperatur des Eises angenommen hat, so bricht man unter dem Queckſilber die Spitze des Rohres ab und giebt dem Queckſilber Gelegenheit, in das Rohr und das Gasgefäß hinein zu ſteigen, ſenkt auch das Glas ſo weit nieder, daß das Queckſilber in- und auswendig gleich hoch ſteht und nunmehr hat man an dem Merkur das Maß, wie viel des Gaſes durch die Siedhitze des Waſſers aus dem Gefäß vertrieben war, d. h. mit anderen Worten, wie ſtark es zwiſchen 0 und 100 Grad ausgedehnt (oder bei der Abkühlung von 100 bis auf 0 Grad zuſammen gezogen) worden iſt. Das Gefäß wird mit dem von ſelbſt eingedrungenen Queckſilber gewogen, Gewicht des Gefäßes und der Luft in vollem Zuſtande hiervon abgezogen und daraus der Verluſt an Gas durch Austreibung, vermöge der Wärme gefunden. Das höchſt merkwürdige Reſultat iſt, daß alle Gasarten ſich faſt gleich ſtark ausdehnen, daß es für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers gleichviel, nämlich ein dreitauſendtheil des ganzen Volumens und für 100 Grade etwas über $^3/_{10}$, nämlich genau 0,36678 beträgt und daß die Unterſchiede für die verſchiedenen Gaſe bei den einzelnen Graden erſt bei der fünften Decimalſtelle anfangen, alſo erſt in den Hunderttauſendtheilen — ſo feine Unterſchiede können auch auf Beobachtungsfehler geſchoben werden und man hat vollkommen Recht, wenn man ſagt: die Gaſe dehnen ſich bei gleichen Temperaturunterſchieden um gleich viel aus.

Ausdehnung flüſſiger Körper.

Die Dichtigkeit flüſſiger Körper wird, wie begreiflich, auch durch Erhöhung der Temperatur verringert. Hier findet aber ein bedeutender Unterſchied ſtatt, nicht nur dehnen ſich dieſelben ſehr verſchieden, die eine viel mehr als die andere aus, ſondern auch in ſich ſelbſt ſchreiten ſie bei gleicher Wärmevermehrung oder Verminderung nicht gleichmäßig vor oder zurück. Verſuche haben gezeigt, daß allein das Queckſilber hiervon eine Ausnahme macht, indem dies ſich von Grad zu Grad gleichmäßig verändert, indeß der Weingeiſt ſich von 95 Grad bis zum 100ſten doppelt ſo ſtark ausdehnt als vom fünften bis zum zehnten Grade. Die Verſuche hierüber ſind übrigens ſehr ſchwierig, weil man ſtets etwas ſehr Gemiſchtes zum Reſultat erhält; gemiſcht nämlich aus der Ausdehnung der Flüſſigkeit mit der Ausdehnung des feſten Körpers, in welchem dieſe Flüſſigkeit enthalten iſt, und es iſt wohl möglich, daß ein unvorſichtiger Experimentator gar keine Ausdehnung bei einer unterſuchten Flüſſigkeit findet, wenn das Gefäß, innerhalb deſſen dieſelbe enthalten iſt, ſich ſo ſtark ausdehnt, daß bei der vorgenommenen

wärmung die Vergrößerung des Inhalts des Gefäßes gleichen Schritt
t mit der Vergrößerung der diesen Inhalt erfüllenden Substanz.

Ist nun auch ein solches Verhältniß nicht leicht aufzufinden, so ist eine
hr oder minder große Annäherung an dasselbe doch bei jeder einzelnen
tersuchung vorhanden und deshalb ist es höchst nothwendig, daß man
rst die Ausdehnung des Gefäßes genau ermittle, bevor man die Aus-
hnung der da hinein zu bringenden Flüssigkeit prüft.

Eine sehr merkwürdige Ausnahme von der Regel, daß vermehrte Wärme
ch die Ausdehnung vermehrt, macht das Wasser bei niederen Temperaturen.
s ist möglich, das Wasser durch vorsichtige Behandlung, durch vollständige
uhe, kälter zu erhalten als man gewöhnlich annimmt, bei 0 Grad friert
s in der Regel noch nicht, aber selbst die Kälte von — 8, ja — 10 Grad
t man dasselbe in flüssigem Zustande annehmen sehen. Wenn es nun
rch einen Stoß, durch Umrühren in Bewegung gesetzt wird, so schießt es
tzlich nach allen Richtungen in langen Nadeln an und in einem Augen-
ck ist der Eimer voll Eis, die Temperatur ist aber durch das Festwerden
f 0 Grad gestiegen.

Wenn man jedoch dies verhindert und in dem Wassereimer ein Wasser-
rmometer beobachtet, so wird man finden, daß das Letztere beim Kälter-
rden nicht sinkt, sondern im Gegentheil steigt. Die Physiker schreiben dies
ner Tendenz zum Krystallisiren zu, einer Neigung, feste Form anzunehmen
nd da das Wasser nicht, wie z. B. Glas und ähnliche Substanzen, beim
rstarren vollkommen gleichmäßig wird, sondern ein Gefüge hat, dies An-
inanderreihen und -fügen der kleinsten Theile aber Raum fordert, so ließe
ch das Gesagte als möglich wenigstens vertheidigen; ob es der wahre Grund
t, wissen wir nicht, die Thatsache aber steht fest, das Wasser dehnt sich
eim Kälterwerden unter Null aus. Geht man von der niedrigeren Tem-
eratur zurück auf höhere, wärmere, so sinkt das Wasserthermometer, sein
olumen wird immer kleiner je wärmer es wird, es sinkt bei — 1 bis
) Grad, es sinkt immer mehr bei + 1 bis + 2 Grad, es sinkt noch bei
l Grad Wärme der hunderttheiligen Scala; erst bei $4\frac{1}{2}$ Grad tritt ein
Stillstand ein und bei 5 Grad beginnt das Wasser sich wieder auszudehnen
nd es steigt nun bei fortgesetzter Erwärmung ein Wasserthermometer im-
ner mehr.

Ein Ausnahmegesetz in der Natur.

Wenn die Natur solche Ausnahmen von ihren Gesetzen macht, so hat
ie wichtige Gründe dafür, denn sie ist keine Freundin von Ausnahme-

zuständen. Hier liegt aber eine Nothwendigkeit vor, welche der kurzsichtige Mensch nur nicht früh genug gefunden hat, obwohl man jetzt, wo die Thatsache bekannt ist, die Nothwendigkeit nicht nur einsieht, sondern sich auch wohl wundert, daß nicht ein Jeder dies findet oder daß man es nicht längst gefunden hat.

Im Wasser leben unzählige Thiere. Nehmen wir an, das Wasser würde schwerer, dichter, je kälter es wird, so wäre die natürliche Folge, daß beim Beginn des Winters das dichtere Wasser, zu Boden sinkend, eine Temperatur von 0 Grad bis —1 Grad annähme und daß hiermit von unten auf, mit einem Schlage alle Flüsse, alle Seen gefrieren, von unten bis oben zu einem Eisklumpen werden würden, in welchem natürlich auch alle Thiere, welche auf das flüssige, bewegte Wasser angewiesen sind, zu Grunde gehen müßten. Eine nothwendige Folge wäre also, daß die Erde niemals aus dem chaotischen Zustande, in welchem sie Anfangs war, hätte hervor gehen können, indem während der Winterszeit die Wasseranhäufung aus allen immerfort strömenden Quellen ungeheure Gebirge von Eis geschaffen hätte, welche die Sonne zu schmelzen gehabt und welche dann in Wasserfluthen verwandelt in die Ebenen zur Vernichtung alles keimenden Lebens geführt wären. Wir sehen, was eine geringfügige, ganz partiell vertheilte Regenmenge für Einflüsse auf den Rhein, die Donau, die Weichsel hat und können uns wohl ein ungefähres Bild von dem Zustande der Erde machen, wenn dies etwas ganz Allgemeines wäre.

Allen diesen Schrecken und den ganzen inhaltschweren Folgen derselben, der Unbewohnbarkeit unseres Planeten, weicht die Natur aus, dadurch daß sie den Gefrierpunkt nicht zu der größten Dichtigkeit des Wassers, sondern 4 Grad darunter setzt. Nun ist das schwerste Wasser, welches zu Boden sinkt und den flüssigen Inhalt der überfrorenen Ströme bildet, 4 Grad warm. Wenn durch die Winterkälte das Wasser noch niedriger temperirt wird, so sinkt dies nicht mehr unter, das kältere bleibt also oben, und je kälter es wird, desto leichter wird es; das gefrorene Wasser ist endlich so viel leichter, daß es auf dem nicht gefrorenen schwimmt und um ein volles Zwölftheil seiner Dicke daraus hervor sieht. Jetzt leben die Fische unter der Eisdecke im fließenden oder stehenden Wasser, jetzt eilt im Winter wie im Sommer das Wasser der Quellen in das Meer, die Flüsse treten nicht über, die Erde ist bewohnbar.

So ungeheure Erfolge erzielt die Natur durch so unbedeutend scheinende Mittel.

Verwandlung der Aggregatzustände.

Alle Körper, welche wir kennen, sind entweder fest, flüssig oder luftmig und man nennt eine dieser drei Formen der Materie ihren Aggregatstand. Die Wärme ist es, welche diesen Zustand bedingt und die Aggretzustände der Körper wandelt.

Eis wird durch Wärme zu Wasser, dies wird durch Wärme zu Dampf; old wird durch Wärme flüssig und es verflüchtigt sich endlich; Kohlensäure eine Luftgattung, durch Entziehung der Wärme wird sie zu einer Flüsskeit, durch noch stärkere Erkältung krystallisirt sie.

Es giebt allerdings Körper, welche nicht alle drei Aggregatzustände rchlaufen, Holz, Marmor, die atmosphärische Luft u. a., allein wahrscheinh kennen wir nur noch nicht die Bedingungen, unter denen es möglich in dürfte, z. B. haben wir nicht in unserer Gewalt, eine Kälte hervorzuingen, bei welcher atmosphärische Luft flüssig oder Weingeist fest wird, er wir zerstören den Körper früher als er schmilzt, wie Holz oder Maror. Hätten wir für das eine die Mittel der Kälteerregung in dem nöthigen rade, so würden wir Luft mit Löffeln essen oder Weingeist gleich Zucker it dem Hammer zerschlagen müssen; hätten wir für das andere (da es an ittel zur Erhöhung der Temperatur nicht fehlt) die Mittel, eine Verflüchtung der von den zu schmelzenden Körpern eingeschlossenen Gasarten hlensäure ꝛc. zu verhindern, so würden wir wohl Holz oder Kohle im ß sehen, wie der Diamant so etwas gewesen zu sein scheint, oder wir rden Kreide zu Marmor zusammenfließen und krystallisiren sehen.

Liquefactionswärme.

Ein fester Körper kann eine beliebige Temperatur haben und durch nst auf eine immer höhere gebracht werden (erwärmen, erhitzen), nun tt ein Zeitpunkt ein, in welchem die Temperatur ganz fest stehen bleibt, r Körper trotz aller angewandten Mühe nicht mehr wärmer werden will. eht man genauer hinzu, so bemerkt man, daß der bisher fest gewesene rper nunmehr flüssig wird; den Temperaturpunkt, bei welchem dies üssigwerden beginnt, nennt man den Schmelzpunkt; für eine große Menge n Körpern ist derselbe genau bestimmt oder wenigstens bestimmbar, bei igen, wie z. B. Wachs oder Butter, Eisen oder Platina, tritt ein Zwienstadium ein, während dessen die Substanz weder fest noch flüssig ist, diesem Zustande ist sie plastisch, formbar wie feuchter Thon und es ist

ein großer Vorzug des Eisens, daß es zu den hämmer- oder schmiedbare Metallen gehört. Bei diesen ist der Schmelzpunkt nicht genau anzugeben man kann nur annäherungsweise die Temperatur bestimmen, bei welcher si noch fest, diejenige, bei welcher sie schon flüssig sind und sagt dann: si *werden weich* bei so und so viel Grad, der Schmelzpunkt liegt viel höhe ist aber unbestimmt.

Die Schmelzhitze selbst ist, sobald die Körper beginnen, wirklich flüssi zu werden, fest und unveränderlich. Eis wird, wie bereits bemerkt, vo — 20 auf — 10 Grad gebracht, auf — 2 und — 1 Grad, bei 0 Gra aber bleibt es stehen, obschon es rundum von schmelzendem Eise, d. h. vo Wasser umflossen ist, das Wasser, selbst wenn das Gefäß, worin das Ei sich befindet, auf einem heftigen Feuer steht, wird nicht wärmer als 0 Grad so lange in dem Kessel, der Wasser und Eis enthält, noch das kleinste Stück chen Eis befindlich. Erst dann, wenn Alles geschmolzen, steigt die Tempe ratur und mit ihr das Thermometer.

Die Wärme, welche dem Eise oder irgend einer beliebigen Substan zugeführt wird, damit sie schmelze, die Wärme, welche die Arbeit de Schmelzens vollführt, und darum nichts Anderes thun kann, also dem Ther mometer keine Nachricht von ihrer Anwesenheit giebt, diese Wärme nennt ma Liquefactions- oder Flüssigmachungswärme und sie ist nicht unbedeutend Ein Pfund Wasser von 0 Grad hat so viel verborgene Wärme, daß durch dieselbe 60 Pfund Eis von — 1 auf 0 Grad oder ein Pfund Eis von — 61 Grad R. auf — 1 Grad erhoben werden könnte. Die Anzahl der Grade, welche von dem festen Körper verschlungen werden, lediglich um ihn flüssig zu machen, ist genau ermittelt; z. B. gießt man auf ein Pfund Eis von 0 Grad ein Pfund Wasser von + 60 Grad R. oder 75 Grad C., so erhält man dadurch zwei Pfund Wasser von 0 Grad. Die ganze Summe der Wärme von 60 Grad R. oder 75 Grad C. ist also darauf gegangen, um ein Pfund Eis von 0 Grad in Wasser von 0 Grad zu verwandeln.

Siedehitze.

Geht man weiter, führt man dem Gemisch von Wasser und Eis, welches durch die verschlungenen 60 Grad zu lauter Wasser geworden, mehr Wärme zu, so steigt von dem Augenblick, von welchem eine Schmel zung von Eis nicht mehr nöthig, die Temperatur, sie erhebt sich imme mehr bis zu einem gewissen Stadium, welches man den Kochpunkt nennt er ist gewöhnlich 80 Grad R. oder 100 Grad C., häufig aber etwa

unter wegen des niedrigeren Luftdruckes (weniger als 28 Zoll des Barometerstandes).

Ist das Stadium des Kochens erreicht, so wird kein ferneres Zunehmen der Temperatur stattfinden, auch wenn man statt einer Lampe, wie die Fig. 293 zeigt, deren unter den Kolben setzen wollte, immer würde der Kochpunkt nicht überschritten werden können, wohl aber ist die Temperatur, bei welcher die Flüssigkeit kocht, nach den Umständen verschieden und zwar um so niedriger, je geringer der Druck ist, welcher auf der kochenden Flüssigkeit lastet.

In physikalischen Cabinetten sieht man gewöhnlich ein Instrument, welches der Pulshammer heißt und dazu dienen soll, das Kochen des Wassers bei niederen Temperaturen, also z. B. bei der Wärme der Hand zu beweisen, sehr viel überzeugender ist aber der Beweis für den Laien zu führen, wenn man das zuletzt beschriebene Experiment wie folgt weiter führt.

Fig. 293.

Fig. 294.

Wenn der Kolben eine Zeit lang recht heftig gekocht hat, dadurch die Luft vertrieben und durch Wasserdämpfe ersetzt ist, so pfropft man die Flasche, den Kolben mit einem vorher genau eingepaßten Kork fest zu in dem Augenblick, in welchem der Gehülfe die Lampe entfernt. Man kehrt nunmehr den Halter, den Arm, welcher den Kolben trägt, dergestalt um, daß, wie die Fig. 294 zeigt, der Hals der Flasche nach unten kommt und der Kork mit dem heißen, aber nicht mehr siedenden Wasser bedeckt ist, auf das Brett unter den Hals stellt man eine Schüssel und nun gießt man kaltes Wasser auf den nach oben gerichteten Boden des Kolbens. Je kälter

dies ist, desto lebhafter kocht das Wasser in dem Kolben und es kann dies mit solcher Heftigkeit geschehen, daß der Kolben dadurch zerschlagen wird.

Der Vorgang ist dieser: in dem Bauch des Kolbens befindet sich heißer Wasserdampf, dieser übt einen bestimmten Druck auf das Wasser, ersetzt die fehlende Luft, läßt seines Druckes wegen das Wasser, das nur noch 90 oder 80 Grad hat, bei dieser niederen Temperatur nicht zum Sieden kommen. Das kalte Wasser schlägt plötzlich den Dampf nieder, nunmehr ist über dem 80. oder 70. Grade heißen Wasser ein luft- und dampfleerer Raum entstanden, alsbald entwickelt das Wasser aus seiner ganzen Masse Dampf in Menge, um den leeren Raum damit zu füllen. Das niederströmende Wasser erkältet zwar auch das in dem Kolben befindliche nach und nach auf 60 bis 50 und weniger Grade, da aber immerfort die Dämpfe im Innern des Kolbens niedergeschlagen werden, so kocht das Wasser immer noch, bis es endlich unter 30 Grad hinabsinkt, da es dann aufhört.

Will man nunmehr den Pfropfen aus dem Halse der Flasche ziehen, so muß dies sehr behutsam geschehen, denn öffnet man sie plötzlich, so stürzt die Luft mit solcher Gewalt in den leeren Raum, daß die Flasche zerschlagen wird und der Experimentator nur den Hals derselben in der Hand behält; erhebt man jedoch den Kork nur so weit, daß durch eine feine Spalte die Luft pfeifend eindringt, so ist das Experiment gefahrlos und nicht kostbar, denn mit solchem Kolben, besonders wenn er recht dünnes Glas hat, kann man dasselbe hundertmal wiederholen.

Kochen unter erhöhtem Druck.

Steigt umgekehrt der Druck, unter welchem das Wasser steht, über denjenigen, der durch einen Barometerstand von 28 Zoll ausgedrückt wird, so kocht das Wasser auch erst bei höheren Temperaturen. Dies zu beweisen, genügt freilich ein Glaskolben nicht, allein es ist bewiesen worden, wie wir sogleich sehen werden und es stützt sich auf die Möglichkeit, Wasser heißer als 100 Grad C. zu machen, die ganze Dampfmaschinentechnik.

Gegen das Ende des 17. Jahrhunderts erfand der nachmalige Professor der Universität Marburg, Papin, den Digestor, welcher seinen Namen führt und sich in neuester Zeit sogar in den Privatküchen eingebürgert hat, während er schon seit einem halben Jahrhundert in großen Anstalten sowohl zur Bereitung von Nahrungsmitteln (Knochensuppen, Rumford'sche Suppen), theils zur Gewinnung von Leim aus Knochen, Haut und Sehnen, aus thierischen Abfällen angewendet wird.

Fig. 295.

Die Fig. 295 zeigt denſelben in ſeiner vollkommenſten Geſtalt. *CD* iſt ein ſehr ſtarker cylindriſcher Topf von Kupfer, welcher bei *C* und dieſem gegenüber ein Paar Ohren hat, durch deren Bohrungen man die Schraube *C* ſtecken kann, um, nachdem der Deckel aufgeſetzt iſt, einen metallenen Bügel *CB*, welcher allerdings nicht ſo ſtark zu ſein braucht, befeſtigen zu können; er ſoll dienen, den Deckel trotz des Druckes, den die Dämpfe auf ihn ausüben werden, auf dem Topfe feſtzuhalten. Topf und Deckel ſind ſorgfältig abgedreht und auf einander eingeſchliffen, ſo daß nirgend Dampf entweichen könne, damit aber die Spannung nicht zu hoch werde und dadurch der Topf zerſpringe, giebt man dem Deckel ein Sicherheitsventil *S*, welchem ein Hebel *aA* liegt, den man mit dem Gewichte *p* beſchweren

Man muß die Fläche des Ventils kennen und darnach die Belaſtung ten, hat ſie einen Quadratzoll und iſt die Entfernung von *n* nach *p* il ſo groß als die von *n* nach *a*, ſo genügt ein Gewicht von 5 Pfund um einen Druck von zwei Atmoſphären (da der natürliche Druck der uf das Ventil dazu kommt) auszuüben. Iſt das Gewicht größer oder Entfernung von *n* nach *p* größer als das dreifache von *S* nach *a*, natürlich auch der Druck größer und man wird ihn nach dem Zweck, an vor hat, und nach der Widerſtandsfähigkeit des Topfes einrichten. die Schraube *B* wird vor dem Erhitzen des Topfes der Deckel luft- uf den Rand des Digeſtors gedrückt.

Stellt man nun den Apparat auf das Feuer, wie die Zeichnung giebt, d, ſo lange das Ventil offen bleibt und der Dampf frei entweichen die Temperatur des Waſſers nicht höher ſteigen als bis auf 100 Grad; man aber das Ventil ſchließt, hört zuerſt das Kochen auf und das r wird heißer, hebt es aber das Ventil bei einem Gewicht von 5 Pfund : oben angegebenen Entfernung (d. h. einer directen Belaſtung von fund außer dem atmoſphäriſchen Druck entſprechend), ſo wird die eratur ſchon 121 Grad ſein, iſt das Ventil direct mit 30 Pfund be- ſo wird, bevor es gehoben werden kann, die Temperatur ſchon mehr 35 Grad ſein müſſen u. ſ. w.

Natürlich kann man dies nicht meſſen, indem man ein Thermometer

hinein steckt (wollte man dies thun, so würden die Dämpfe, von ihrer Last befreit, so gewaltsam hervorstürzen, daß man sich der Todesgefahr aussetzte), sondern in dem Deckel des Topfes befindet sich, dem Ventil gegenüber, ein eingelassenes Thermometer (welches hier nicht angedeutet ist, um die Figur nicht undeutlich zu machen), an welchem man die mit dem steigenden Druck wachsenden Grade messen kann. Selbst dieses Einlassen fordert übrigens große Vorsicht, das Thermometerrohr muß sehr stark und die Verkittung sehr dicht sein.

Mittelst dieses Instruments hat man die Temperaturen des Wassers unter sehr hohem Druck untersucht und hat gefunden, daß es eigentlich keine Grenze der Erhitzung des Wassers giebt, wenn das Gefäß, worin es enthalten, nur stark genug ist, um dem Drucke Widerstand zu leisten, den es auf seine Wände ausübt, ja in neuerer Zeit ist es dem Engländer Perkins sogar gelungen, das Wasser bis zum Weißglühen zu bringen. Welche ungeheure Kraft die Dämpfe sehr hoch temperirten Wassers ausüben, werden wir bei der technischen Anwendung der Dämpfe auf Maschinen sehen, für die Haushaltung möge bemerkt werden, daß die luftdichten Töpfe von Gußeisen, welche man jetzt käuflich hat, ihrem Zwecke erst dann entsprechen, wenn man das Ventil mit ein paar Pfunden belastet, die Töpfe ertragen wenigstens drei Atmosphären, d. h. auf den Quadratzoll 45 Pfund Druck, wenn man aber nur die Hälfte davon anwendet, so macht man schon die härtesten Rindsknochen weich und entzieht ihnen den Gallert; Fleisch wird in solchem Topfe in dem dritten Theile der Zeit weich, welche für das Kochen bei offenem Geschirr erforderlich wäre. Wird das Ventil jedoch nicht belastet, so ist solch ein papinischer Topf nichts besser als ein anderer. Sehr vorsichtig muß man beim Oeffnen sein, dies darf durchaus nicht über dem Feuer geschehen, der abgenommene Topf muß erst so weit abkühlen, daß er nicht mehr als die Temperatur des gewöhnlichen siedenden Wassers hat. Versäumt man dies, so kann man sich sehr unglücklich machen, sich auf eine furchtbare Weise verbrühen.

Verdampfungswärme.

So wie das Eis, um flüssig, um zu Wasser zu werden, Wärme verschluckt, so alle anderen Körper, wenn sie aus dem festen Zustande in den flüssigen übergehen.

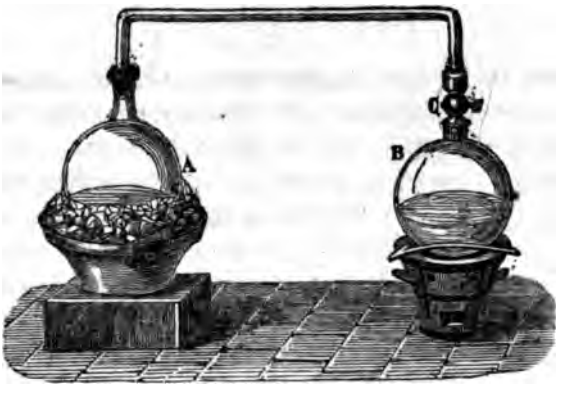
Ein ganz Gleiches findet statt beim Uebergange flüssiger Körper in Dampf. Das Wasser, das Oel, der Weingeist, der Aether, bei wie verschiedenen Graden sie auch kochen, sie werden immer heißer bis zu ihrem

ochpunkt hin. Von da ab, wo sie kochen, möge man ihnen so viel Wärme ıführen als man will, heißer als kochend werden sie nicht und alle die Zärme, welche man ihnen über das Kochen hinaus zuführt, wird von den Dämpfen verschluckt, in welche sich nach und nach die Flüssigkeit verwandelt.

Diese Siedepunkte aber sind im höchsten Grade verschieden, so siedet hweflige Säure schon bei — 10 Grad, Salpeteräther bei 21 über 0 Grad, lkohol bei 78 Grad, Wasser bekanntlich bei 100 Grad, Terpentinöl bei 56 Grad, Leinöl bei 316 Grad, Quecksilber bei 360 Grad. Auch hier nacht übrigens (wie beim Wasser schon bemerkt) der Druck, unter welchem ie Flüssigkeiten sieden, einen Unterschied in der Temperatur, die Wärmeenge aber, welche von dem Dampfe einer jeden Flüssigkeit verschluckt wird, m aus Flüssigkeit Dampf zu werden, die gebundene Wärme hängt nicht on dem Luftdruck, sondern von der Substanz ab und ist verschieden nach en verschiedenen Flüssigkeiten.

Man pflegt die Wärmemenge auf folgende Art zu ermitteln: der zu unterſuchende Körper wird in einen Glasballon *B* gebracht, derselbe hat

Fig. 296.



einen verschließbaren Hals mit Hahn *C*, von welchem eine doppelt gebogene Röhre nach einem andern Gefäße *A* geht, in welchem eine gleiche Portion derselben Flüssigkeit, die man prüfen will, wie in *B* vorhanden ist. Das Rohr muß nicht, wie die Zeichnung es giebt, in dem Korke aufhören, sondern muß bis in die Flüssigkeit *A* hinabreichen, *B* steht dabei auf einem Ofen oder über einer Lampe, *A* in einer Schüssel mit irgend einem möglichst schlechten Wärmeleiter, Sägespäne, Spreu u. dergl. umgeben.

Man bringt nun *B* zum Kochen, bis die Luft vertrieben ist, setzt alsdann den Hahn *C* mit dem Glasrohr auf und läßt nunmehr den durch das Kochen entwickelten Dampf nach *A* in die Flüssigkeit, deren Gewichts-

menge man genau kennt, einströmen. Die hineingeführten Dämpfe werden nun zuerst sofort niedergeschlagen, sie kommen gar nicht zum Vorschein, nach einiger Zeit sieht man die Blasen des Dampfes aus dem Rohr herauskommen, aber auch sogleich verschwinden, bald werden die Blasen länger und sie legen einen größeren Weg innerhalb der Flüssigkeit zurück, ehe sie verschwinden, wobei die Flüssigkeit immer heißer wird; endlich tritt ein Zeitpunkt ein, wo die Dämpfe durch die ganze Flüssigkeit hindurchstreichen, nicht mehr absorbirt, niedergeschlagen werden, das ist der Kochpunkt der untersuchten Flüssigkeit und jetzt unterbricht man das Experiment.

Nach dem Erkalten sieht man zu, wie viel Flüssigkeit in dem Gefäß *A* enthalten ist. Gesetzt man hatte ursprünglich darin 5 Pfund Wasser von 0 Grad und hat jetzt darin 6 Pfund von 100 Grad, so ergiebt sich daraus, daß das hinzugekommene Pfund Wasserdampf von 100 Grad die vorhandenen 5 Pfund auf die Siedehitze erhoben und sich selbst dabei in Wasser verwandelt habe. Die Hitze also, welche ein Pfund Wasserdampf von 100 Grad besitzt, genügt, um 5 Pfund Wasser zum Kochen zu bringen.

Kochpunkt verschiedener Körper.

Was hier als Beispiel angeführt worden, ist den Zahlenwerthen nach nur annäherungsweise richtig, sonst aber vollkommen begründet; die genauesten Ermittelungen haben gelehrt, daß ein Pfund Wasserdampf von 100 Grad genug Wärme hat, um $5\frac{1}{10}$ Pfund Wasser von 0 Grad zum Kochen zu bringen, daß also die in dem Wasserdampf gebundene Wärme 540 Grad beträgt; dieser ungeheure Verlust, den das Wasser erleidet, wenn es kocht, ist die Ursache, daß er nicht weiter in der Wärme steigt als bis zu dem Kochpunkt und dies ist auch der Grund, warum, wenn Wasser unter einem höheren Druck steht (nicht verdunsten kann), es wärmer wird als 100 Grad, aber auch wieder diese überschüssige Wärme verliert, so wie der Druck aufhört, die Dämpfe entweichen können.

Jede Flüssigkeit hat ihre eigene Verdampfungswärme, das Wasser braucht die höchste, 540 Grad C., Essigsäure 480, Salpetersäure 297, Alkohol 214, Terpentinöl 80 Grad, d. h. wenn ein Pfund Terpentindämpfe von Siedehitze (158 bis 160 Grad C.) in Terpentin von 0 Grad geleitet werden, so bringen sie ein Pfund davon auf 80 Grad. Alkohol, der nicht absolut wasserfrei ist, siedet bei 80 Grad C., bringt man in solchem Alkohol von 0 Grad Temperatur ein Pfund Alkoholdämpfe von Siedehitze, so bringen sie etwas mehr als $2\frac{1}{2}$ Pfund Alkohol zum Kochen. Wegen dieser Fähigkeit, viel mehr Wärme in ihre Substanz aufzunehmen als die Flüssigkeit

ıb dieſelbe bei der Rückkehr in den flüſſigen Zuſtand wieder abzugeben, ıuen ſich die Dämpfe ſo beſonders zum Erheizen von Wohn- und Fabrik- bäuden und vor allen iſt Waſſer die dazu geeignetſte Flüſſigkeit, weil ſie ı meiſten Vaporiſationswärme aufnimmt, alſo am meiſten abgeben kann. in Näheres hierüber bei dem Kapitel von der Dampfheizung.)

Um eine Flüſſigkeit in Dampf zu verwandeln, bedarf es der Siedehitze r nicht; Waſſer, in einer offenen Schale der Luft ausgeſetzt, verſchwindet ch und nach. Daß übrigens auch dieſe Verdunſtung eine Function der ärme ſei, geht daraus hervor, daß dieſelbe um ſo ſchneller vor ſich geht, höher die Temperatur iſt, allein ſie findet auch bei den niedrigſten Tem- aturgraden ſtatt, ja nicht allein bei flüſſigen, ſondern auch bei feſten rpern. Eis, genau gewogen und bei dem Winteraufenthalt der Nord- lexpedition in der freien Luft ausgeſetzt, verlor unter ſehr hohen Breiten Gewicht und Umfang bedeutend während einiger Monate; Queckſilber, lches erſt bei 360 Grad ſiedet, verdunſtet doch noch bei — 10 Grad und ar ſo bedeutend, daß eine Goldmünze, darüber aufgehängt, weiß wird. ın dieſer Verdunſtung aller Körper rührt die Anſicht einiger Theoretiker r, daß die Luft Partikeln aller Subſtanzen enthalte, daher auch die An- ht, daß die Feuerkugeln (Meteorſteine) aus in der Luft vorhandenen toffen zuſammengeſetzt wären. Die Verdunſtung ohne Siedehitze unter- ſcheidet ſich von der durch das Sieden bewerkſtelligten nur in einer einzigen rt, darin nämlich, daß ſie nur von der Oberfläche der Flüſſigkeit ſtattfindet, ıeß beim Sieden die Dämpfe aus der ganzen Maſſe, aus dem Innern r Flüſſigkeit aufſteigen. Der Grund iſt bei der einen Art der Verdunſtung ie bei der andern die durch die Wärme verminderte Cohäſion, dieſe Ver- ınderung findet in ſo hohem Grade ſtatt, daß aus feſten Körpern flüſſige erden (daß alſo die Cohäſion bis auf den äußerſt geringen Theil, den die lüſſigkeiten davon noch haben, verſchwindet). Eine weitere Erhöhung der ärme bringt dann noch die letzten Spuren davon zum Weichen und die tome der flüſſigen Körper trennen ſich.

So wie ſich eine Grenze findet, von welcher ab die Verdunſtung un- hindert vor ſich geht, ſo giebt es wahrſcheinlich auch eine, wo dieſelbe cht mehr ſtattfindet, d. h. wo die Temperatur ſo niedrig iſt, daß ſie nicht ehr zur Trennung der Theile ausreichend iſt, allein bis jetzt haben unſere erſuche noch nicht bis dahin geführt; wohl aber iſt das Verdunſten aller örper bewieſen, ſelbſt der Metalle, man weiß, daß ſie alle einen eigen- ümlichen Geruch haben, dieſen könnten wir nicht wahrnehmen, wenn ſie cht einen materiellen Verluſt erlitten; freilich iſt er ſo gering, daß er nicht ch das Gewicht verrathen wird, allein er muß doch ſtattfinden und daß

die empfindlichſte Waage ihn nicht angiebt, beweiſt nur, daß ſie nicht ein ſo feines Inſtrument iſt als die Naſe.

Wärmeleitung.

Wenn ein Körper warm wird, ſo kann es nur dadurch ſein, daß ſeine Theile die von außen empfangene Wärme nach dem Innern weiter ſchicken, von Hand zu Hand geben, fortleiten. Dieſe Leitungsfähigkeit iſt in den verſchiedenen Körpern höchſt verſchieden und ſie zu kennen, iſt für die Phyſik ſo wichtig wie für das gewöhnliche Leben.

Es giebt Körper, welche die Wärme ſo gut leiten, daß man ſie ein paar Fuß weit von dem Punkte, von welchem ſie erhitzt werden, nicht anfaſſen kann (die Metalle) und andere, welche man 2 Zoll von dem Punkte, wo ſie ſich im geſchmolzenen Zuſtande befinden, ungeſtraft halten darf (wie z. B. Glas in Röhren, Stangen ꝛc.), ja es giebt endlich Körper, welche an einem Ende in vollſter Flamme brennen und welche man in unmittelbarſter Nähe der brennenden Stelle gar nicht erwärmt findet (ein brennender Span, ein brennendes Licht, alſo Holz, Kork, Papier, Wachs, Talg ꝛc.).

Es wäre überflüſſig zu fragen, woher das kommt; unſere Kenntniſſe der Naturkräfte ſind ſo unvollkommen, daß wir überall am beſten thun, wenn wir geſtehen, daß wir nichts wiſſen und Arago hat auf die Frage, „wenn die Herren auf nichts eine genügende Antwort haben, warum ſtudiren ſie denn ſo viel?“ mit vollem Rechte antworten dürfen: „nur um mit Gründlichkeit ſagen zu können, wir wiſſen davon nichts.“ Wir kennen auch die Urſache der Leitungsverſchiedenheit nicht, denn die darüber verbreiteten Anſichten ſind durchaus unhaltbar, es giebt nicht einmal feſtſtehende Geſetze. Es ſoll z. B. der dichtere Körper die Wärme beſſer leiten als der locker gewebte, alſo die Metalle beſſer als die Steine.

Darin ſcheint etwas zu liegen — dies iſt Thatſache — nun wie kommt es denn, daß der dichteſte unter den bekannten Körpern, Platina, unter allen Metallen am ſchlechteſten leitet? und daß der nächſte ſchlechte Wärmeleiter unter den Metallen, nicht etwa das nächſt ſchwere Gold, ſondern das nur $\frac{1}{3}$ ſo ſchwere Eiſen iſt, wie kommt es denn, daß der dieſem an Dichtigkeit zunächſt ſtehende Körper, das Kupfer, die Wärme am beſten leitet und dann das dem Platina beinahe gleiche Gold und zuletzt das zwiſchen beiden ſtehende Silber? Die Leitungsfähigkeit wird nach anderen Verſuchen um *etwas* verſchieden angegeben, doch im Ganzen mit dem hier beſchriebenen

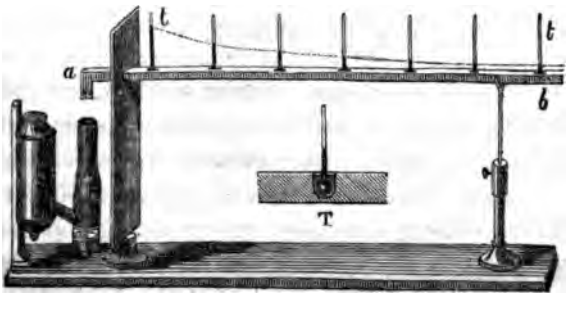
ereinstimmend und keineswegs so, daß eine Annäherung an eine Gesetz-
äßigkeit gefunden würde.

Es ist mit der Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten auch so, man hat
esen dieselbe sogar bestritten, je nachdem man mit ihnen experimentirte.
umford glaubte sagen zu dürfen, Wasser leite die Wärme sehr gut, weil
n Kessel mit Wasser über Feuer gesetzt bald warm, heiß, kochend wird.
ls er das Experiment in einem Glase wiederholte, sah er die Strömungen
r erwärmten Wassertheile und machte daher den Versuch umgekehrt, er
achte die Wärmequelle oben über dem Wasser an, dabei fand keine Spur
ier Temperaturerhöhung der untersten Schichten des Wassers statt und so-
mit sagte Rumford: „das Wasser leitet die Wärme gar nicht und bei
:sem Ausspruch blieb es lange Zeit, bis ein Mönch des Schottenklosters
Erfurt, Namens Gordon, durch einen ingeniösen Versuch doch die Lei-
ngskraft des Wassers bewies. Zwei Gläser von ungleicher Größe stellte
in einander und füllte den Zwischenraum mit Wasser, das er gefrieren
ß. Er nahm nun die Gläser ab und hatte dadurch ein Gefäß von Eis.
ieses leitet die Wärme bis 0 Grad gar nicht, denn es schmilzt dabei
iedere Grade leitet es, denn es kann durch und durch — 10, 30, 60 Grad
lt werden, höhere kann es nicht leiten, weil es dabei zu existiren aufhört).
n das Eisgefäß füllte er nun Wasser und brachte die Kugel eines Ther-
ometers nahe unter die Oberfläche, über welche er ein Stück Eisen hielt.
as Thermometer stieg dabei ein wenig, es war mithin eine Wärmeleitung
rhanden, die nicht durch das Gefäß bedingt war, denn dieses war nicht
ärmeleitend. So vieler Umstände hatte es bedurft, um hinter eine einzige
hatsache zu kommen. Alle anderen Thatsachen, diesen Gegenstand betreffend,
gen aber nicht weniger fern, sind nicht mit geringerer Mühe erforscht.

Wärmeleitung fester Körper.

Metalle leiten im Ganzen besser als sonstige Mineralien, wie aber,
ach welchem Gesetz? Biot suchte dies zu ermitteln, er ließ eine Eisen-

Fig. 297.



ſtange von etwa 7 Fuß Länge von *a* bis *b* (Fig. 297) von Fuß zu Fuß mit Vertiefungen verſehen, und in jede Vertiefung ſteckte er ein Thermometer (*T* derſelben Figur zeigt dieſe Anordnung etwas deutlicher). Die Vertiefung wurde demnächſt mit Queckſilber ausgefüllt, damit eine deſto häufigere Berührung der erwärmten Theile der Stange mit dem Thermometer vermittelt werde, nun ward das Ende der Stange *a* in kochendes Waſſer gebracht und dann beobachtet.

Siehe, die Beobachtung ergab, daß Biot — der gelehrte Biot, ſich in allen ſeinen Vorausſetzungen geirrt hatte. Die Eiſenſtange wurde nicht bis *b* hin erwärmt, die Temperaturabnahme von *a* bis *b* bildete keine Curve, keine gekrümmte Linie, aus deren reſpectiven Entfernungen von der gerade verlaufenden Eiſenſtange man ein Geſetz hätte ableiten können; nicht einmal das zweite Thermometer wurde (nach ſtundenlanger Erwärmung des Endes *a*) bemerkbar erwärmt.

Der Verſuch wurde nunmehr in Etwas abgeändert; die Stange reducirte man auf ungefähr 27 Zoll ($^{7}/_{10}$ Metre), bohrte die Löcher immer um ein Decimetre (3 und $^{8}/_{10}$ Zoll) von einander entfernt in die Stange, brachte das Ende *a* derſelben nicht in kochendes Waſſer, ſondern über eine Argand'ſche Lampe, deren Hitze über 500 Grad ſtieg und dennoch war erſt nach vollen 6 Stunden eine bemerkbare Temperaturerhöhung bei dem letzten Thermometer angelangt und es ſtellte ſich ein Geſetz heraus, daß die Entfernungen in

der arithmetiſchen Reihe	1,	2,	3,	4,	5,	6,	entſprachen
Temperaturen, abnehmend	66,4	46,3	32,6	24,5	18,6	16,2	in geometriſcher Reihe.

Man muß aber ja nicht glauben, daß hiermit etwas gewonnen wäre, denn je beſſer ein Metall leitet, je mehr nähert es ſich nur der als Geſetz aufgeſtellten Regel und je ſchlechter die Wärmeleitung iſt, deſto mehr entfernt ſich die Praxis von der Theorie und für andere Körper als Metalle gilt das ganze gefundene oder wenigſtens aufgeſtellte Geſetz gar nicht.

Schlechte Wärmeleiter.

Schon die übrigen Mineralien, Sandſtein, Marmor, Baſalt ꝛc. ſind nicht in die Reihe ſo leitender Körper einzuſchalten, nun vollends Thon und Kreide, wenn ſie trocken ſind, leiten dieſelben beinahe ſo ſchlecht wie Glas oder Holz und an dieſes letztere ſchließen ſich die organiſchen Körper insgeſammt an, welche alle die Wärme überaus ſchlecht leiten. Auf dieſer Eigenthümlichkeit der gedachten Stoffe beruht denn auch der Schutz, den wir gegen

e Kälte finden in der Bekleidung, denn sie besteht durchweg aus organi-
en Substanzen.

Der Laie wird vielleicht sagen: ja, der Kälte aber nicht der Wärme;
ein erstens ist diese Einwendung durchaus unwissenschaftlich, denn Kälte
d Wärme sind in gar nichts verschieden, es ist als ob man sagen wollte, die
uft, welche Wasser von 0 bis 100 Grad erwärmt, sei etwas anderes als
jenige, welche Quecksilber von 100 auf 200 Grad bringt — es ist als
man sagen wollte, Wärme sei etwas anderes als Hitze. Es handelt sich
überhaupt nur um Grade und es sind die Begriffe, die man mit „Kälte"
d „Wärme" verbindet, ja nur von dem Nullpunkt des Thermometers
rührend, so daß diejenigen Grade, welche wir gewöhnlich schon mit den
entitel Kälte belegen — 10 oder — 15 Grad, nach dem Fahrenheit-
n Thermometer noch immer Wärmegrade sind; zweitens ist auch dieser
terschied in sofern nicht statthaft, als diejenigen Stoffe, welche der „Kälte"
Zugang verwehren, ihn auch der Wärme nicht gestatten.

Unter allen Körpern scheint die Wärme am schlechtesten die atmosphä-
he Luft zu leiten; dies ist in einem so außerordentlich hohen Grade der
l, daß Rumford es wagt, die Behauptung aufzustellen, die schlechten
rmeleiter seien es nur in sofern, als sie porös wären und Luft in ihren
ren enthielten.

Es ist Etwas daran, ob aber dies „Etwas" durchgreifend genannt
den könne — ist allerdings fraglich. Die Federn, welche den Vogel
leiden, sind, je nachdem er den heißen, den temperirten oder den kalten
nen angehört, sehr verschieden. Die Daunen, mit welchen die Eidergans
Nest füttert, sind so weich, so elastisch, daß 1 Pfund genügt, um ein
denes Bettbeck damit anzufüllen. Noch sehr gut sind die Daunen der
ıse in Mitteleuropa, obschon man, um einen gleichen Raum zu füllen,
r bis fünf Mal so viel braucht; d. h. die Gans in Frankreich, Deutsch-
d, Polen, braucht, um sich gegen den Winterfrost zu schützen, bei Weitem
nes so schlechten Wärmeleiters, als die Eidergans auf den Felsen um
sland und Norwegen.

Wollte man aber bei einer Gans oder Ente auf den Antillen, auf
m Amazonenstrome, nach Daunen suchen, so würde man wohl nicht viel
den; sie sind den dort heimischen Thieren gar nicht eigen und dahin ver-
anzte europäische Thiere verlieren bei der nächsten Mauserzeit den ganzen
aum und bekommen ihn gar nicht wieder. Die Federn, welche die Vögel
r tropischen Zone haben, sind platt, fest, hart, liegen dicht am Körper,
rgen nicht viel Luft. Wer aber an diesen Thatsachen nicht genug hat,
r möge den zahmen Kanarienvogel oder den wilden Sperling beobachten,

wie er sich gegen die Nachtkälte schützt, er bläst sein Federkleid so auf, daß er drei Mal so dick wird als er im wachen Zustande ist, zwischen jeder und der andern Feder befindet sich eine Schicht Luft und diese, unbeweglich, eingeschlossen, verhindert die Körperwärme zu entweichen. Es ist mit den Säugethieren, hinsichts ihrer Behaarung ebenso, bis auf den Elephanten, das Nashorn, das Nilpferd und die amerikanischen Hunde, sind alle behaart, allein höchst verschieden nach den Zonen; die Behaarung ist um so weicher und wolliger, je weiter das Thier polwärts wohnt, zuletzt kommt sogar eine doppelte Behaarung, nämlich eine solche mit zarten, weichen, gekräuselten Haaren und eine dazwischen gesäete straffe, welche dient, diese weichere locker und vom Körper abstehend zu erhalten, gewissermaßen der Waizen in dem Erbsenfelde, an dessen vereinzelte und darum deste stärkere Halme die Erbsen sich emporranken können. In den Tropenländern ist das Haar der Thiere ganz kurz und glatt, es wärmt gar nicht und das Thier bedarf der Erwärmung auch nicht.

Der Mensch benutzt diese Eigenschaft der Luft nicht genug, er bedient sich derselben nur bei den Doppelfenstern und Thüren, er könnte sie jedoch hundertfältig anwenden und würde nur um so besser thun, je mehr es geschähe, allein es drängt sich ihm diese Eigenschaft von selbst auf. In den heißen Ländern, wo es ihm an Holz fehlt, baut er aus Stein und in den kalten Ländern wählt er das die Wärme sehr viel schlechter leitende Holz. Der gemeine Russe wohnt in seiner Holzhütte, in seinem Blockhause von hochkantig auf einander gelegten vierzölligen Bohlen viel wärmer als der Reiche in seinem Palast aus polirtem Granit, ja dieser letztere wäre sehr unglücklich, wenn das Holz in eben diesem Lande nicht fast preislos wäre, wodurch es ihm möglich wird, seinen Palast vom Keller, wo der Ofen steht, bis zum Dachraum zu durchheizen.

Unsere Doppelfenster sind eine auf die geringe Leitungsfähigkeit der Luft gestützte sehr zweckmäßige Einrichtung, in Rußland weiß man Doppelfenster aber noch viel besser zu machen als bei uns. Die Dicke der Luftschicht ist überhaupt nicht sehr wesentlich, man bringt daher in demselben Fensterflügel doppelte Scheiben an, wenn derselbe z. B. deren drei hätte, so würden sie auswendig eingelassen und wie gewöhnlich eingekittet, dann aber auch im Innern, einen Zoll von der äußeren Scheibe entfernt, auf demselben Rahmen und zwischen denselben Sprossen drei andere eingesetzt, so daß zwischen jeder äußeren und inneren Scheibe ein ein Zoll dicker Luftraum ist.

Diese Einrichtung hat das Angenehme, daß die Fenster nie befrieren, weil die äußere Scheibe und die Luft zwischen dieser und der inneren die Kälte

von Außen abhält und weil zwischen beiden Scheiben nicht Feuchtigkeit genug vorhanden ist, um die äußere Scheibe damit zu belegen.

Auch unsere wärmenden Kleider schützen meistentheils nur durch die in dem Gewebe eingeschlossene Luft, darum schützt ein Pelz mehr als ein wattirter, dieser mehr als ein Tuchrock, aber ein guter Mantel macht dies alles entbehrlich, denn bei seiner Weite verhindert die in seinen Falten eingeschlossene Luft die Entweichung der Körperwärme, und in anderer Art wärmt ja die Bekleidung überhaupt nicht, als daß sie die thierische Wärme zusammenhält.

Specifische Wärme.

Ausgeschlossen von aller Leitung und sonstiger Verbreitung nach außen ist die sogenannte specifische Wärme, ein Eigenthum der Körper, von denen jeder seinen besonderen Antheil derselben dergestalt bekommen hat, daß man ihn daran erkennen kann, denn die specifische Wärme ist gradweise meßbar und jeder Körper hat davon seine bestimmte Menge, so wie jeder Körper ein bestimmtes specifisches Gewicht hat.

Wenn man 1 Pfund Wasser von 60 Grad R. zu 1 Pfund Wasser von 0 Grad gießt, so bekommt man 2 Pfund von 30 Grad. Würde man statt 1 Pfund Wasser von 0 Grad 1 Pfund Eis von derselben Temperatur nehmen, so erhielte man auch 2 Pfund Wasser zum Resultate der Mischung, allein nicht von 30, sondern von 0 Grad. Es hätte das Eis alsdann die 60 Grade der ihm bei seiner Verbindung mit dem Wasser als Brautschatz zugebrachten Wärme ausschließlich zu seinem eigenen Vortheil verwandt; diese verschwundenen 60 Grade sind derjenige Antheil, welchen das Eis braucht, um *flüssig* zu werden, um sich in Wasser umzuwandeln; wir haben sie als Flüssigmachungs- oder Liquefactionswärme bereits kennen gelernt.

Etwas anderes ist es mit zwei gleichartigen Flüssigkeiten: die 2 Pfund Wasser theilen sich brüderlich in das Vermögen und hätte das eine Pfund nicht 0 Grad sondern 20 und das andere 60 Grad, so würden beide 40 Grad haben und so in jedem beliebigen Falle.

Wenn man nun 1 Pfund Quecksilber von 100 Grad mit 1 Pfund Wasser von 0 Grad mischt — was ist natürlicher, als daß man erwartet, das Gemisch (wenn man so sagen darf) auf 50 Grad temperirt zu finden, man würde sich in seiner Erwartung im höchsten Grade getäuscht sehen — die beiden Flüssigkeiten haben *nicht mehr* als *drei* Grad. Umgekehrt, wenn

man 1 Pfund Wasser von 100 Grad mit 1 Pfund Quecksilber von 0 Grad mischt, so wird die Temperatur beider ganz nahe an 97 Grad sein.

Wenn man zwei verschiedene Gefäße von Eisenblech, das eine mit Wasser, das andere mit Quecksilber gefüllt, auf einen geheizten Ofen setzt, so wird in kurzer Zeit das Quecksilber so heiß sein, daß man es nicht berühren kann, indessen das Wasser kaum seine Temperatur verändert hat. Nach langer Zeit werden allerdings beide Flüssigkeiten auf dieselbe Temperatur kommen, es ist daher unrichtig, wenn man sagt: Quecksilber werde 33 Mal so heiß als Wasser — alle Körper nehmen nach und nach die Temperatur des Raumes an, in dem sie sich befinden — allein viele Körper nehmen diese Temperatur viel langsamer als andere an (dies ist Sache der Leitungsfähigkeit) und viele brauchen oder verschlingen eine zehn- bis zwanzig-, ja dreißigfach größere Wärme als andere, um sich auf dieselbe Temperatur zu erheben; dies ist die specifische Wärme und sie ist beim Wasser unter allen flüssigen, festen und luftförmigen Körpern am größten; es giebt unter diesen letzteren nur eine einzige Ausnahme und sie ist darum besonders interessant, weil sie gerade den allerleichtesten unter allen bekannten Körpern, den Wasserstoff, trifft, dieser hat merkwürdiger Weise beinahe die vierfache specifische Wärme wie das Wasser ($3\,^{9}/_{10}$), sonst haben sie alle nur einige Hunderttheile, die reichsten einige Zehntheile der specifischen Wärme des Wassers.

Auffindung der specifischen Wärme.

Um diese specifische Wärme zu finden, bedient man sich mehrerer verschiedener Methoden, von denen die eine so eben angeführt worden, es ist die Mischungsmethode.

Man nimmt einen allgemein bekannten Körper als Einheit an und fragt sich nun: wie viel freie fühlbare Wärme muß ich diesem Körper zuführen, um ihn durch einen andern bis auf einen gewissen Grad zu erwärmen? Wasser ist die Einheit. Wenn 1 Pfund Wasser durch 1 Pfund Eisenfeilspäne von 0 bis 4 Grad erwärmt werden soll, wie hoch muß die Temperatur der Eisenfeile sein?

Versuche und Rechnungen haben dahin geführt, daß man dies jetzt so gut wie vom Quecksilber auch von andern Substanzen weiß; das Pfund Eisenfeile muß eine Temperatur von 36 Grad haben, um mit dem Wasser von 0 Grad eine Masse von 4 Grad zu geben. Vier Grad behält das *Eisen selbst*, es sind mithin an das Wasser 32 Grad abgegeben; um es

1 Grad zu erhöhen, würde also das Eisen 9 Grad zeigen müssen, h. das Wasser hat eine 8 Mal größere Wärmecapacität.

Obwohl man durch diese Methode zu einer großen Anzahl von guten ultaten gekommen ist, so bedarf es doch einer nicht unbedeutenden Ge-lichkeit im Experimentiren, um nicht Verluste an Wärme, theils durch dunstung der Flüssigkeiten, theils durch Ausstrahlung, hauptsächlich aber ch Abgabe der Wärme an die Gefäße, in denen man die Mischung vor-nt, zu erleiden, man ist daher auf die Methode der Eisschmelzung ge-nen, welche bei Weitem sicherer ist, indem man die Menge Wärme, che dazu gehört, um eine Quantität Eis von 0 Grad in Wasser von 0 Grad verwandeln, genau kennt, mithin bei der Eisschmelzung sehr bestimmt en kann — da so und so viel Eis geschmolzen ist, hierfür aber die be-nnte Quantität von 60 Grad R. oder 75 Grad C. erforderlich, so muß geprüfte Körper so und so viel hergegeben haben.

Das Calorimeter.

Das Instrument, welches dabei angewendet wird, ist das Calorimeter. Fig. 298 und 299 zeigen dasselbe sowohl äußerlich, als hinsichtlich er inneren Einrichtung. *M* ist der innerste Raum von sehr dünnem

Fig. 298.

Fig. 299.

lessing- oder Kupferblech, in welchen diejenige Substanz gebracht wird, ren Wärmewirkung man kennen lernen will. Das Gefäß kann zugedeckt rden und befindet sich in einem zweiten, dasselbe ganz umgebenden Ge-je, welches Eis von 0 Grad enthält *AA*. Auch dieses Gefäß ist zu-decken.

Man will nun ermitteln: wie viel wird von dem Eise durch 1 Pfund

Kupfer, von da wo es 80 Grad heiß hinein kommt, bis es auf 0 Grad erkaltet ist, geschmolzen? Das Product der Verbindung der Wärme mit dem Eise, Wasser von 0 Grad, fließt durch den Canal *D* ab, allein man wird auf solche Art kein richtiges Resultat erlangen, denn das Eis kann eben so gut durch die Wärme des Zimmers und durch die Wärme des Experimentators, der sich mit dem Gefäße und der Wärmemessung beschäftigt, geschmolzen werden. Um dies zu verhindern, setzt man das Eisgefäß *AA* in ein Gefäß mit Eis *BB*, welches nun vollständig die äußere Einwirkung abschneidet, also das Experiment auch von der entgegengesetzten Seite nicht unrichtig werden läßt, da nämlich die äußere Kälte das Wasser, welches durch Schmelzung im Innern erzielt, wieder gefrieren machen könnte. Der Eisraum *B* dient, um jeden Einfluß von außen abzuhalten, die Temperatur desselben ist lange Zeit constant, auch wenn man das Experiment im warmen Zimmer macht, denn so lange noch Eis darin enthalten, wenn auch der größte Theil desselben schon geschmolzen ist, hat der Raum und das ihn erfüllende Wasser doch immer nur die Temperatur von 0 Grad, keine höhere keine niedere und diese will man ja haben.

Aber die Methode zeichnet sich überhaupt durch viel größere Brauchbarkeit, d. h. durch viel weiter gesteckte Grenzen derselben aus. Man kann durch die Mischungsmethode nicht erfahren, wie viel Wärme ein brennendes Licht, ein lebendes Thier in einer gewissen Zeit entwickelt, dies geht aber durch das Calorimeter sehr gut; eines wie das andere bringt man in das innerste der drei Gefäße und beläßt es darin eine Zeit lang; natürlich ist diese Zeit sehr beschränkt, denn ein Kaninchen kann in einem Raum, der nicht mehr als doppelt so groß als das Thier selbst ist, nicht lange athmen und ein brennendes Licht hat den vorräthigen Sauerstoff bald verzehrt; allein man kann auch in dieser kurzen Zeit Beobachtungen anstellen, welche zu ziemlich sichere Resultate geben und es haben namentlich Lavoisier und Laplace auf diesem Felde sehr Ausgezeichnetes geleistet, woraus sich zu ergeben scheint, daß die Wärme, welche organische, lebende Körper frei machen, ihren Hauptgrund darin habe, daß sie eine große Quantität Wasser aufnehmen und in andere Stoffe verwandeln, welche alle (Zucker, Gallert, Eiweiß) eine viel geringere specifische Wärme haben als das Wasser, und das Haupthsächlichste scheint sogar der Wasserstoff dazu beizutragen, welcher, wie wir oben gesehen haben, 4 Mal so viel Wärmecapacität als Wasser hat.

Noch eine dritte Methode, diese Wärme zu bestimmen, ist die der Abkühlung gleicher Menge unter gleichen Umständen, das Resultat wird aus den Zeitunterschieden gewonnen.

In eine Hohlkugel von sehr dünnem Metall, welche schön polirt

an einem Faden frei aufgehängt werden kann, bringt man nach einander schiedene Flüssigkeiten von ganz gleicher Temperatur, Wasser, Weingeist, lzlösungen ꝛc., jede von 80 Grad, und sieht zu, welche Zeit eine jede der ssigkeiten braucht, um bis auf eine gewisse Temperatur herab zu sinken. nn nun z. B. eine Flüssigkeit sich doppelt so schnell abkühlt als eine dere, so wird sie halb so viel Wärme enthalten als die andere. Gesetzt, einem Zimmer von der Temperatur des Gefrierpunktes käme Wasser von Grad auf 0 Grad herab in einer Stunde, Terpentin aber in 24 Mi- ten (d. h. in $^1/_{10}$ Stunden), so würde man schließen müssen, das Terpen- habe nur $^1/_{10}$ der specifischen Wärme des Wassers; kommt Alkohol in 36 Minuten auf dieselbe Temperatur, so ist der Schluß, derselbe e $^6/_{10}$ der specifischen Wärme des Wassers, ganz richtig.

Wärmecapacität.

Diese Fähigkeit, verschiedene Mengen Wärme aufzunehmen, die Wärme- pacität, ist übrigens keine feststehende Größe, sie ist von der Dichtigkeit des esmaligen Körpers abhängig. Alkohol hat nicht $^6/_{10}$ der Wärmemenge Wassers, weil er nur $^6/_{10}$ von dessen specifischem Gewicht hat, dies hältniß findet gar nicht statt — wohl aber hat Wasser, welches unter em Druck von 10 Atmosphären steht, eine kleinere Wärmecapacität als jenige, welches unter dem gewöhnlichen Drucke der Luft steht.

Wäre das erste richtig, so müßte Platin eine 20 Mal geringere Wärme- acität haben als Wasser und Wasserstoff nicht eine 4 Mal, sondern eine ,200 Mal größere; allein Wasserstoff auf einen zehnfach geringeren Raum racht, hat eine viel geringere Wärmecapacität als Wasserstoff von der lfte der Spannung, die es gewöhnlich hat. Es beruht hierauf die Er- rmung durch das Zusammendrücken, welches bei den Gasen so weit gehen n, daß ihre frei werdende Wärme leicht entzündliche Körper zum Glühen ngt, bei festen wenigstens so weit, daß sie erwärmt, erhitzt werden.

So wie aber die Zusammendrückung Wärme frei macht, so bindet um- kehrt die Verdünnung Wärme und so wie man das Erstere am besten den pneumatischen Feuerzeugen zeigen konnte, so kann man das andere ch an Gasen viel besser als an andern Körpern zeigen. Es ist hiervon reits gehandelt worden, der eigentlich hierher gehörige Versuch wird jedoch t der Luftpumpe gemacht. Ein empfindliches Thermometer in einer recht malen Glocke aufgehängt, aus welcher man mittelst einer Luftpumpe die ft recht schnell auszieht, sinkt sogleich bemerklich und steigt wieder, wenn n Luft zutreten läßt.

Bei Flüssigkeiten läßt sich ein solcher Versuch nicht anstellen, weil sie zu wenig zusammendrückbar sind, allein auch für sie ist die Thatsache bewiesen durch erwiesen, daß sie mehr Wärme fordern, um von 100 auf 101 Grad erhoben zu werden, als man ihnen zuführen muß, um sie von 0 auf 1 Grad zu bringen, sie sind nämlich bei 100 Grad um ein Beträchtliches größer ausgedehnter, ihr Volumen hat sich vermehrt und hierdurch ist eine größere Wärmecapacität, eine vermehrte Fähigkeit, Wärme aufzunehmen, vorhanden.

Da die Körper, so wie ihre Wärmecapacität verringert wird, diejenige Wärme entlassen, welche sie zu viel haben für ihren neuen Zustand, so kann man hieraus diejenigen Ursachen ermitteln, welche die Wärmecapacität ändern.

Wenn man concentrirte Schwefelsäure mit Wasser vermischt, so entsteht eine bedeutende Temperaturerhöhung, die Säure bemächtigt sich des Wassers und macht seine Wärme frei; ist die Säure rauchend und gießt man sie nicht in Wasser, sondern umgekehrt das Wasser in die Säure, so entsteht eine gefährliche Explosion. In der Nordhäuser Säure ist immer wasserfreie Schwefelsäure enthalten, diese rafft das Wasser mit Gewalt an sich und es wird nicht nur seine specifische Wärme, sondern auch seine ganze Liquefactionswärme entbunden, diese bringt die nächsten Antheile der Flüssigkeit zum Kochen, ja zum Detoniren und die Säure wird weit umher geschleudert und kann großen Schaden verursachen.

Wenn man geglühten Kalk mit Wasser begießt, so entsteht die gewaltige Erwärmung, von welcher wir bereits oben, bei den Ursachen der Wärme gesprochen haben, sie hat ihren Grund genau in dem vorhin Angegebenen. Der größte Theil der specifischen Wärme wird frei, weil das entstehende Kalkhydrat bei Weitem nicht so viel Wärmecapacität als das Wasser hat und die ganze Flüssigmachungswärme wird frei, weil das Wasser seinen Aggregatzustand verläßt, aus einem flüssigen Körper ein fester Körper wird.

Umgekehrt kann auch durch ähnliche Verbindungen die Wärmecapacität bedeutend erhöht werden; alsdann entsteht Kälte, wie wir oben gesehen haben. Salzsäure auf Schnee gegossen, verbindet sich mit diesem zu verdünnter Salzsäure, welche an sich eine größere Wärmemenge aufnehmen kann als die concentrirte, und die Salzsäure schmilzt den Schnee, welcher um in den flüssigen Aggregatzustand überzugehen, bekanntlich 60 Grad oder 75 Grad C. bedarf, diese der nächsten Umgebung raubt und so durch Kälte erzeugt.

Verdunstungskälte.

Wir haben gesehen, daß die Körper, um flüssig zu werden, bedeutender Antheile von Wärme bedürfen, daß dies noch mehr der Fall ist, wenn sie aus dem flüssigen Zustande in Dampf übergehen. Diesem Letztern, der Verdampfungswärme, steht die Verdampfungskälte gegenüber. Verdampfende Körper erzeugen Kälte.

Sollte hier nicht ein auffallender Widerspruch stattfinden? man kann bekanntlich, wenn man Kopfschmerzen hat, die heiße Stirn nicht besser kühlen, als wenn man sie mit einer recht schnell verdunstenden Flüssigkeit benetzt. Wenn man eine Thermometerkugel mit einem Flockchen Baumwolle bewickelt und dies mit Schwefeläther benetzt, so ist die Verdunstungskälte so groß, daß Franklin sagen konnte, er wolle sich verbindlich machen, einen Menschen im hellen Sonnenschein erfrieren, zu einem Eisklumpen erstarren zu lassen; die durch Verdunstung des Aethers erzeugte Kälte ist aber viel größer als hierzu erforderlich, sie geht so weit, daß man das Thermometer im heißen Sommer von 30 Grad Hitze nicht nur auf 0 Grad sondern auf — 20 Grad, ja wenn man die Benetzung unterhält oder die Verdunstung durch die Luftpumpe befördert, bis auf — 30 Grad sinken sieht, eine Temperaturdifferenz von vollen 60 Graden, welche natürlich noch viel weiter getrieben werden kann, da der Anfangspunkt gleichgültig ist; wenn die Temperatur, in welcher sich das Thermometer befand, 50 Grad war, so würde das Thermometer durch die Verdunstung des Aethers unter der Luftpumpe doch auf — 30 Grad gebracht werden können, dann beträgt seine Verdunstungskälte also 80 Grad.

Dies ist offenbar ganz paradox, die Natur befindet sich in einem Widerspruch, da man dies von der Natur aber nicht gewohnt ist, indem sie es nicht liebt, ihren eigenen Gesetzen zuwider zu handeln, so wird man wohl thun, sich den Gegenstand etwas näher anzusehen. Verdunstungskälte und Verdunstungswärme ist ganz genau dasselbe. Die Wärme, welche der Aether braucht, um zu verdampfen, ist seine Verdampfungswärme. Diese Wärme muß er doch irgend wo herbekommen, er kann sie nicht selbst machen — derjenige Körper, von welchem der Aether die ihm nöthige Wärme nimmt, wird dadurch erkaltet, das ist die Verdunstungskälte — ein und dasselbe Capital, welches der Gläubiger nimmt und dadurch der Schuldner verliert.

In der Natur ist dies von der größten Wichtigkeit, der ganze Austausch der Feuchtigkeit zwischen Erde und Luft, die Ernährung der Pflanzen in regenlosen Gegenden durch reichlichen Thau, die Abkühlung, welche erhitzte

Thiere durch den Schweiß erfahren ꝛc., beruht auf dieser Verdampfungswärme, welche der eine Körper an sich reißt und auf dieser Verdampfungskälte, welche der andere Körper erleidet. Die Thätigkeiten und Erscheinungen sind auch vollständig reciprok. Der flüssige Körper, dem Wärme zugeführt wird, verdunstet, der flüssige Körper, welcher verdunstet, rafft Wärme an sich. Der dampfförmige Körper, dem man Wärme entzieht, wird flüssig — der dampfförmige Körper, der flüssig wird, ohne daß man ihm Wärme entzieht, giebt dieselbe freiwillig ab. (Dampf, den man durch mechanischen Druck verdichtet, macht das Gefäß, in welchem dies geschieht, warm, heiß.)

In dem bisher Gesagten wird man zweierlei Wärme erkannt haben, eine fühlbare, welche uns das Thermometer angiebt, welche unsere Nerven anspricht und eine unfühlbare, dem Körper eigenthümliche. Die erstere kommt dem Körper dadurch zu, daß er die Temperatur der Umgebung annimmt, für diese gelten die Gesetze der Wärmeverbreitung durch Leitung, von welcher wir gesprochen haben und durch Strahlung, von welcher wir noch handeln werden. Die andere Wärme ist gewissermaßen chemisch mit dem Körper verbunden, sie macht sich dem Thermometer, der Hand nicht fühlbar — ein Thermometer in einer Tasse Wasser, welches so eben aus Eis zusammen gelaufen ist und dasselbe Thermometer in dem Stück Eis, von welchem das Wasser abgeschmolzen, zeigen genau denselben Standpunkt, obschon das Wasser nachweislich 75 Grad C. mehr in sich hat als das Eis. Man vermag dieselbe nicht zu erkennen, eben so wenig wie sich in dem Glaubersalz die Schwefelsäure und das Natron, oder in dem Küchensalz das Chlor und das Natriummetall erkennen läßt. Die Körper sind mit der Wärme verbunden wie die Elemente unter sich, darum nennt man sie auch gebundene, latente Wärme und die andere, am Thermometer wahrnehmbare, nennt man freie Wärme.

Diese freie Wärme ist es, welche den Gegenstand der nachfolgenden Betrachtung ausmacht.

Strahlung der Wärme.

Die Wärme kann mitgetheilt werden durch Leitung in unmittelbarer Berührung zweier verschieden warmer Körper, sie kann aber auch aus der Ferne mitgetheilt werden, wie wir diejenige Wärme bekommen, welche die Erde bewohnbar macht, von der Sonne, wie wir in unseren kleinen und beschränkten Verhältnissen sie empfangen von dem Kaminfeuer, von dem weißglühenden Eisen, nämlich durch Strahlung.

Wie der Schall geradlinig fortgeschickt, von seinem Wege abgelenkt, durch Widerstand zurückgeworfen, durch andere Mittel gebrochen werden kann, gerade so auch die Wärme. Sie verbreitet sich wie die Radien einer Kugel von dem Punkte, wo sie aufgehäuft ist, nach allen Seiten in geraden Linien. Steht auf diesem ihrem Wege irgendwo eine zurückwerfende Fläche, ein Wärmespiegel (wie es auch Schallspiegel giebt), so wird sie von diesem Wege abgelenkt.

Allerdings muß ein Wärmespiegel anders sein als ein Schallspiegel — der letztere kann von dem Maurer oder von dem Buchbinder gemacht werden, er kann von Mörtel, Holz, Metall, Pappe sein und ist immer gleich gut, wenn die zu reflectirenden Vibrationen der Luft sind im Vergleich mit denen der Wärme, gewaltig grob, darum muß der Wärmespiegel auch viel feiner gearbeitet, er muß von Metall, einer sehr richtigen Form und sehr hoher Politur sein.

Von den Wirkungen der zurückgeworfenen Sonnenwärme haben wir bereits gesprochen, hier handelt es sich um feinere Untersuchungen, um die Gesetze der Wärmestrahlung.

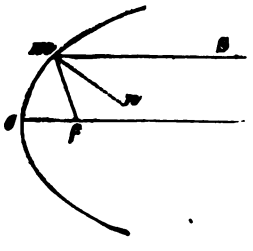
Wenn man einen elastischen Körper gegen eine gerade Wand wirft, so springt er unter demselben Winkel zurück, unter welchem er gegen die Wand geflogen ist. Ein Jeder hat als Knabe dies beim Ballspiel, als Jüngling und Mann beim Billardspiel gesehen; so, genau so, ist es auch beim Schall und bei der Wärme; wenn ein Wärmestrahl in irgend einer beliebigen Richtung auf eine polirte Fläche fällt, so wird er von derselben unter dem nämlichen Winkel zurückgeworfen, will man vorher die Richtung bestimmen, in welcher er von der reflectirenden Fläche zurückkehren wird, so errichtet man auf dieser Fläche in demjenigen Punkte, in welchem der Strahl die Fläche berührt, eine senkrechte Linie und zieht nun auf der andern Seite derselben, in der Ebene, in welcher sowohl die senkrechte Linie als der einfallende Strahl liegt, eine Linie von dem Berührungspunkte des Strahles mit der Ebene so aufwärts unter dem Winkel, wie der einfallende Strahl abwärts einen Winkel mit der senkrechten Linie macht.

Spiegelung, Reflex.

Diesen vorgeschriebenen Weg wird der Strahl gehen, sobald er Freiheit dazu hat, sobald er nicht gehindert wird und es ist gleichgültig, welche Form die Fläche hat, ob gerade, gewölbt, vertieft, erhaben, immer ist die senkrechte Linie das Maßgebende, dasjenige, von welchem bei Bestimmung des Winkels ausgegangen werden muß.

Wenn die gekrümmte Linie der Fig. 300 einen Spiegel von hohler Form darstellt und es fällt ein Schall-, Wärme- oder Lichtstrahl Sm darauf, so kann man genau bestimmen, wohin er gehen wird, man errichtet auf dem

Fig. 300.

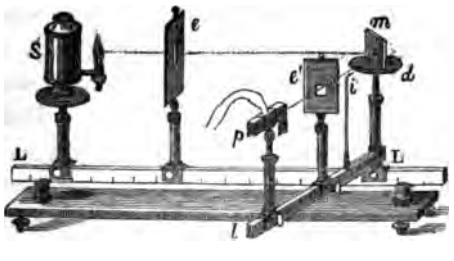


Punkte m eine senkrechte Linie mn und zieht — indem man den zweiten Winkel an m dem ersten durch den Strahl und die Senkrechte gebildeten Winkel Smn gleich macht — die Linie mf; dies ist die Richtung, in welcher der Strahl Sm von dem Spiegel zurückkehren wird.

Es ist gleichgültig, in welchem Punkt der Spiegel getroffen wird; fällt der Strahl in der Richtung der Axe of auf denselben, so wird der Strahl immer nach f gelenkt werden, fällt dagegen ein Strahl aus dem Punkte f auf den Spiegel, so wird er parallel mit der Axe zurückgeworfen. Dies Gesetz gilt durchgreifend für alle Fälle, in denen der Spiegel kugelförmig hohl ist und gilt für alle Arten von Strahlen; in der Lehre vom Lichte werden wir die genaueren Bestimmungen finden, für unsern Gegenstand aber genügt das Gesagte, obwohl es keineswegs genau ist und daher in der Optik, welche mathematische Schärfe verlangt, nicht angewendet werden kann.

Gehen wir mit dem hier erworbenen Begriff vom Reflex in der Lehre von der Wärme einen Schritt weiter, so können wir sofort durch ein Experiment uns die strahlenförmige Verbreitung und die Spiegelung klar machen (s. Fig. 301).

Fig. 301.



Auf der in Zolle getheilten Leiste LL stehen die nöthigen Apparate zu einer solchen Demonstration; S ist eine Lampe, deren Flamme die verlangten Wärmestrahlen ausfendet, e ist ein Schirm, in welchem eine viereckige Oeffnung befindlich, die eine gewisse Menge Strahlen durchläßt und abschneidet. In der Richtung, in welcher man durch die Oeffnung e die Flamme der Lampe S sehen kann, stellt man einen ebenen Spiegel schräg, wie m zeigt, auf; er steht auf einem Tische d, dessen kreisförmiger Rand in Grade getheilt ist, bei i steht ein Zeiger, welcher die vorbeilaufenden Theilstriche andeutet und fest zu halten gestattet.

In derjenigen Richtung, nach welcher man den Wärmestrahl Sm werfen will, steht abermals ein Schirm e' mit einer Oeffnung, durch welche der von m reflectirte Strahl hindurch muß, man nennt solche Oeffnung im

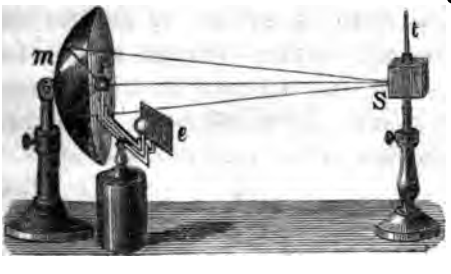
Schirm Blendung und sie dient dazu, die überflüssigen, nicht verlangten Strahlen abzuhalten. Das Tischchen, der Schirm und ein Apparat zum Messen der Wärmestrahlen, eine Thermosäule, stehen auf einer besondern Leiste Ll, um dadurch die Ablenkung unter jedem beliebigen Winkel hervor bringen zu können. Die Thermosäule ist natürlich bis zu dem Augenblicke, wo das Experiment vorbereitet ist, geschlossen.

Geht nun ein Strahl von S nach m, so kann er nach jeder beliebigen Richtung abgelenkt werden, das Lineal und das Tischchen d gestatten dies und sobald man nach vorhergegangener richtiger Anordnung die Deckel von der Thermosäule abnimmt, spricht die mit ihr verbundene Magnetnadel sofort an, welches eben den Fortgang der Wärmestrahlen auf dem vorgeschriebenen Wege zeigt.

Hohlspiegel, Brennspiegel.

Das hier Gesagte läßt sich eben so für Spiegel mit gekrümmter Fläche zeigen, bei diesen aber ist ein so zartes Instrument, wie eine Thermosäule, gar nicht einmal nöthig; ein gewöhnliches, höchstens ein Luftthermometer genügt. S ist ein Blechgefäß mit heißem Wasser, in welchem ein Thermometer t steckt, das nur die Temperatur des Wassers angiebt; m ist ein metallner Hohlspiegel, in dessen Focus (d. h. in dem Raum, in welchem sich die auffallenden Strahlen versammeln) ein Luftthermometer f steht, dessen andere Kugel e durch einen Schirm vor den direct von dem Blechwürfel (der Wärmequelle) kommenden Strahlen geschützt ist.

Fig. 302.

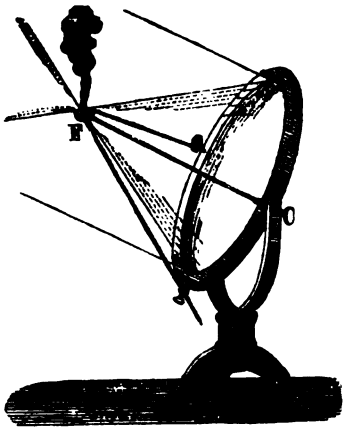


Der Apparat wird natürlich zusammengestellt, so lange in S noch kein heißes Wasser war; sobald dies nunmehr eingefüllt wird, sieht man das Thermometer f bedeutend sinken, d. h. warm werden, indem die in der Kugel f befindliche Luft durch die Wärme ausgedehnt wird und den in der Röhre befindlichen Tropfen irgend einer gefärbten Flüssigkeit vor sich hertreibt.

Es wird hierdurch bewiesen, daß die von S nach verschiedenen Richtungen ausgehenden Wärmestrahlen, so weit sie den Spiegel m treffen, von demselben nach den Gesetzen, welche für die Strahlung gegen gekrümmte Flächen bestehen, zurückgeworfen und in einem Punkt, dem Focus oder Brennpunkt, gesammelt werden.

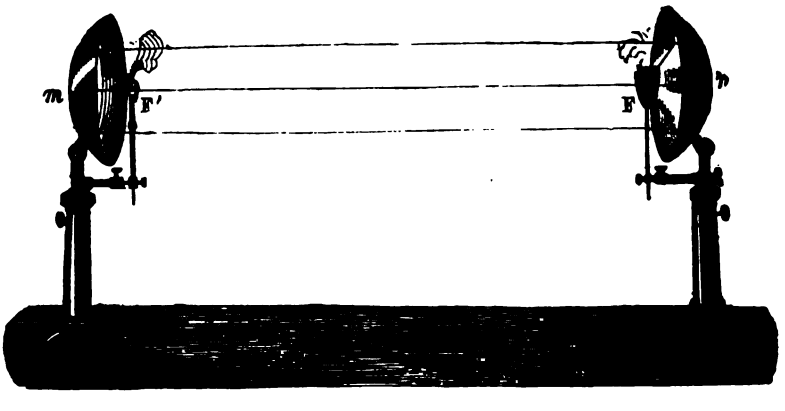
Ist die Hitze, welche reflectirt wird, bedeutend, so kann man dieselbe dergestalt concentriren, daß eine Temperatur erreicht wird, wie sonst auf keine Weise möglich. Fig. 303 zeigt einen Brennspiegel, hat derselbe einige Fuß Durchmesser, so ist die Gewalt der im Focus vereinigten Sonnenstrahlen so groß, daß darin nicht nur Gold, sondern Platin schmilzt, wie im elektrischen Strom. Die parallelen Strahlen, auf die Spiegelfläche fallend, werden convergirend zurückgeworfen und vereinigen sich in dem Focus *F* zu so mächtiger Wirkung, daß ihnen nichts Widerstand leistet. Mit einem Feuer, wie es auf der Erde erzeugt werden kann, gelingen allerdings solche Versuche nicht, allein die Wärmestrahlung auf das Vollständigste nachzuweisen, bis zum Glühendmachen des Eisens, gelingt durch künstliches Feuer.

Fig. 303.



In einer noch viel auffallenderen Weise läßt sich das Experiment machen, wenn man zwei Spiegel hat, man ist alsdann im Stande, eine sehr viel größere Quantität Wärme auf bedeutende Strecken parallel fort zusenden, wodurch ein Effect erzielt wird, der den Laien in Verwunderung setzt. Nehmen wir an, die Fig. 304 stelle zwei Hohlspiegel *m* und *n* dar,

Fig. 304.



welche in einer Entfernung von 20 und mehr Fuß von einander stehen und ihre Flächen so gegen einander kehren, daß die aus dem Punkte *F* ausgehenden Strahlen, auf den Spiegel *n* fallend, von demselben in parallele

Strahlen verwandelt und gegen den Spiegel m geworfen werden. Dieser nimmt die parallel einfallenden dergestalt auf, daß er sie gegen seinen Focus F' zurückwirft, zu einer solchen Aufstellung giebt der Fuß und darin eingelassene Schrauben die nöthigen Mittel und hat man dies erreicht (wozu man sich eines brennenden Lichtes in F bedient, dessen Schein vollkommen klar in F' zu sehen sein muß), so stellt man nach F eine lebhafte Wärmequelle (etwa ein leichtes Drahtgeflecht mit ein paar glühenden Kohlen oder mit einer glühenden eisernen Kugel) und in den Brennpunkt des andern Spiegels ein auf eine Spitze gespießtes Stückchen Schwamm und sofort wird man dieses letztere erglühen sehen. Befinden sich in dem Focus F ein paar Kohlenspitzen, welche eine starke Platinbatterie schließen, so ist die reflectirte Hitze in dem Focus F so groß, daß ein dünnes Eisenstäbchen glühend wird.

Es geht hieraus hervor, daß die von dem Punkte F ausgehenden, auf den Spiegel n fallenden Strahlen parallel in die Weite geschickt und irgend wo aufgefangen, abermals zurückgeworfen werden können, daß sie hier von einem Hohlspiegel aufgenommen wurden, bedingt nun wieder die Möglichkeit, daß sie in einem Focus gesammelt und dort zur Gesammtwirkung gebracht werden können. Die Wärmestrahlen sind demnach zurückwerfbar wie die Lichtstrahlen.

Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit.

Durch ähnliche Apparate ist man zu sehr merkwürdigen Resultaten gelangt, indem man gefunden, daß die Beschaffenheit der Oberfläche der Körper von sehr wesentlichem Einfluß auf die Strahlungs- und Erwärmungsfähigkeit der Körper sei und zwar halten die beiden eben genannten Fähigkeiten ganz gleichen Schritt, so daß derjenige Körper, welcher in dem Punkte S der Fig. 302 (S. 363) stehend, das Thermometer f in gleicher Zeit und bei einer gewissen Temperatur, die er hat, am stärksten erwärmt, auch wieder am leichtesten durch gegen ihn ausgesendete Wärme auf eine höhere Temperatur zu bringen ist.

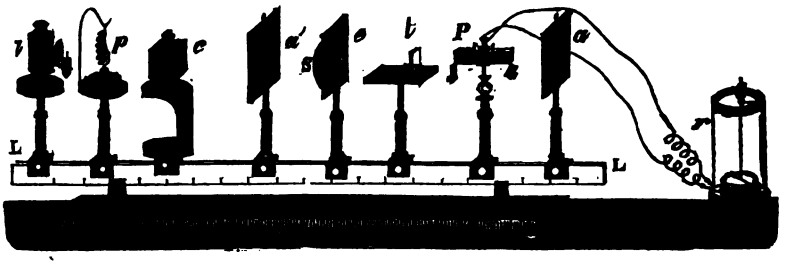
Nehmen wir an, der gedachte Würfel sei von Eisen, dieser habe auf einer seiner Seiten eine möglichst blank polirte Oberfläche erhalten, sei auf einer andern roh geblieben, wie er unter dem Hammer hervorgegangen, sei aber auf einer dritten mit Lampenruß geschwärzt worden, so wird man bei dem Experiment erfahren, daß die blanke Seite am wenigsten, die schwarze am meisten Wärme aussendet, d. h. wenn man die schwarze Fläche des Würfels gegen den Spiegel stellt, das Thermometer bedeutend höhere Wärme-

grade angiebt, als wenn man die rohe oder gar die polirte Seite gegen den Spiegel kehrt.

Eben so wird ein solcher Würfel viel schneller erhitzt, wenn er den ausstrahlenden Körper die schwarze oder die rauhe Seite, als wenn er ihm die blanke oder die weiße Seite zukehrte.

Die Versuche sind schon im vorigen Jahrhundert durch Rumford und Leslie begonnen und auf Metalle, Zeuge und deren Farben ausgedehnt, dann aber in neuerer Zeit durch Melloni wieder aufgenommen, mit viel feineren Instrumenten auf eine höchst ingeniöse Weise weiter geführt worden und zwar sind dabei nicht bloß die zurückwerfenden, sondern auch die durchlassenden Körper berücksichtigt worden. Mit dem großen Instrument, welches wir S. 224 beschrieben und dessen Abbildung wir hier wieder folgen lassen, wurden unzählige Körper auf ihr Strahlungs-, Absorbtions- und Rückwerfungsvermögen geprüft und eben so festgestellt, wie sich die Fähigkeit verschiedener Körper, Wärme durchzulassen, verhalte.

Fig. 305.



Permeabilität.

Man hatte einen Unterschied zwischen leuchtender und dunkler Wärme gemacht und hatte gesagt, für die leuchtende Wärme seien alle durchsichtigen Körper, Glas, Wasser, Krystall, so wie für das Licht durchgänglich (permeabel); man hätte schon durch den Ersten, der einen in weiten Kreisen bekannt gewordenen Versuch darüber anstellte, durch Scheele darauf kommen können, daß dem nicht so sei. Derselbe hielt nämlich eine Glastafel zwischen sich und das Feuer eines Schmelzofens, welches ihn sehr belästigte, und fand, daß dadurch fast alle Wärme abgeschnitten wurde und er nicht früher wieder eine Strahlung empfand, als bis die Glastafel selbst durchwärmt war. Hier war nun ein leuchtend warmer Körper und doch schnitt das durchsichtige Glas die Strahlung ab, dagegen wird allerdings die Sonnenwärme durch Glas hindurch gelassen, wäre dies *nicht, so hätten* wir keine Brenngläser.

Skoresby hat auf die unvortheilhafteste Art ein Brennglas aus Eis gebildet, indem er Wasser in einer Schüssel zum Gefrieren brachte. Hier war von einer auch nur annäherungsweise richtigen Form gar keine Rede und doch entzündeten sich fast sämmtliche Matrosen des Schiffes an seinem improvisirten Brennglase die Pfeifen an, bevor es in seinen Urzustand zurückging. Würde man dagegen Wasser in einer hohlen Schale gefrieren lassen, in welcher der Mechanikus seine Gläser von kurzen Brennweiten schleift, so würde man ein möglichst vollkommenes Brennglas erhalten und mittelst eines solchen würde sich noch viel deutlicher gezeigt haben, als es durch Skoresby's unvollkommene Versuche geschehen konnte, daß die leuchtende Wärme durch Glas, durch Wasser und Eis geht. Allein wie viel davon, in welchem Grade, dies wurde allerdings früher nicht ermittelt und wir danken es den emsigen Forschungen eines Melloni, daß wir es endlich wissen.

Die Fähigkeit, Wärmestrahlen durchzulassen, ist so verschieden, daß es Stoffe giebt, welche die Wärme beinahe ganz und ungeschwächt durch sich hindurchstreichen lassen (wie das reine, weiße Steinsalz, welches von 100 Strahlen 93 durchläßt, wobei noch wahrscheinlich ist, daß die fehlenden 7 nicht absorbirt, sondern von den beiden Flächen, der äußeren und der inneren zurückgeworfen werden, eine Meinung, die sich darauf stützt, daß es ziemlich gleichgültig ist, wie dick das durchlassende Stück Steinsalz ist, was sonst bei andern Körpern keineswegs gleich ist) und wieder andere, welche die Wärme beinahe ganz absorbiren, wie Glas mit Wasser verbunden.

Von leuchtender Wärme, also von einer Lichtflamme läßt das Steinsalz $92^{3}/_{100}$ hindurchgehen, der isländische Kalkspath nur 39, der Rauchtopas (d. h. fälschlich Topas genannter, bräunlicher Bergkrystall) 37 und Alaun nur 9. Die hier angegebene Procentzahl gilt jedoch nicht, wenn die Flamme, von welcher die Strahlen ausgehen, mit Glas bedeckt ist, wie z. B. bei der Argand'schen Lampe. Die leuchtende Wärme derselben hat zuerst durch den Glascylinder gehen müssen, welcher die Flamme umgiebt. Diese leuchtende Wärme hat dadurch andere Eigenschaften als die einer gewöhnlichen Lichtflamme, sie geht leichter und in größerer Menge durch die durchsichtigen Körper. Das Steinsalz läßt auch von solcher leuchtenden Wärme nicht mehr durch als 93 pCt., der Kalkspath jedoch gestattet 62 pCt. den Durchgang, der Bergkrystall 57, der Alaun 14 pCt. Noch auffallendere Unterschiede geben Wärmestrahlen, welche nicht leuchten. Ein Stück Kupfer von 400 Grad C. giebt eine sehr bemerkbare Wärme strahlend von sich. Hiervon läßt der Kalkspath nur noch 6 pCt. durch, Alaun nichts mehr, hat dagegen das Stück Kupfer nur 100 Grad, so läßt der Kalkspath auch nichts mehr durch. Merkwürdig ist, daß hin-

sichtlich des Steinsalzes ein solcher Unterschied nicht stattfindet, dasselbe läßt von der nicht leuchtenden Wärme so viel durch als von der leuchtenden. Um sich gänzlich vor den Wärmestrahlen zu schützen und doch die Lichtstrahlen nicht mit zurückzuhalten, bedient man sich einer Verbindung von zwei parallelen Glastafeln mit dazwischen gefülltem Wasser.

Die vorstehende Fig. 305 zeigt, auf welche Weise die Versuche angestellt werden. Auf eines der Tischchen *l*, *p* oder *c* kommt die Wärmequelle, deren Strahlung man untersuchen will, natürlich muß dabei die Entfernung von *l* nach *P* stets dieselbe sein, ferner müssen die Orte, an welchen die Blendungen angebracht werden, auch immer dieselben sein, eben so hat *t* seine genau bestimmte Entfernung von *l* sowohl als von *P*, d. h. derjenige Körper, dessen Fähigkeit Strahlen durchzulassen geprüft werden soll, ist unter allen Umständen gleich weit von der Wärmequelle und dem thermoelektrischen Apparat entfernt, welcher zeigen soll, wie viel Wärme durchgelassen wird.

Die Wärmequellen sind hierbei sehr verschieden; Melloni wandte eine Argand'sche Lampe mit Glascylinder, eine kleine Lampe ohne Glascylinder, eine aphlogistische Lampe (eine solche, in welcher eine Platinspirale im Spiritusdampfe glüht, ohne daß der Weingeist brennt) und eine Kupferkugel, welche er auf sehr verschiedene Grade, jedoch niemals bis zum Glühen erwärmte, an. Der Ausschlag, welchen die Magnetnadel in dem Galvanometer *r* gab, zeigte die Größe der von *P*, dem Thermomultiplicator empfangenen Wirkung an.

Diese Untersuchungen haben zu sehr allgemeinen Resultaten geführt. Der leere Raum ist vollkommen durchlassend für die Wärmestrahlen (diatherman), die sämmtlichen farblosen Gase sind es in so hohem Grade, daß man keinen Unterschied unter ihnen bemerkt, völlig undurchlassend für die Wärme (atherman) sind die ganz undurchsichtigen Körper, z. B. die Metalle; es scheint doch also die Diathermanität mit der Durchsichtigkeit in einem gewissen Verhältniß zu stehen.

Wir gehen hier zu der Lehre vom Lichte über, werden jedoch dabei noch Einiges über die Wärmestrahlung nachzuholen haben, welches so aussieht, als gäbe es Wärmefarben, es ist eine vollkommene Brechbarkeit der Wärmestrahlen vorhanden, aber eine verschiedene, gerade wie beim Lichte, daher es gerechtfertigt erscheinen wird, diesen Gegenstand früher zu betrachten.

Das Licht.

Etwas unbeſchreiblich wunderbares, ſich ſelbſt in unzähligen heterogenen genſchaften widerſprechendes Ding, Agens — wie ſoll man es nennen, aft, Materie, Reiz — iſt das Licht, von deſſen eigentlichem Weſen (als genſtand der Unterſuchungen) wir nichts wiſſen, welches wir nur in ſeinen zenſchaften und Wirkungen kennen lernen.

Es iſt kein Körper, keine Materie oder Subſtanz, dennoch verändert die Körper, zerſetzt ſie, leitet Verbindungen ein und hebt andere auf, s Alles ein körperliches Daſein fordert. Es verändert die Farben, es dunkelt die Farben lebender Dinge und bleicht dieſelben Farben an todten rpern aus, aber nicht an allen, nicht einmal an allen ähnlichen, denn ahagoniholz wird dunkler im Licht und erhält ſich nur im dunklen Raum l, das gröbere, damit verwandte Zuckerkiſtenholz verändert ſich nicht, Ellern-, ißbaum-, Birnbaumholz bleicht im Lichte.

Unzweifelhaft aber befördert das Licht die Farbenbildung bei lebenden rpern; wir wollen zuerſt der Pflanzen gedenken. Das allgemeinſte Färngsmittel derſelben, das Chlorophyll, die grüne Subſtanz unter der Wachsut der Blätter und Stengel, erhält ſeine Farbe allein durch das Licht. gend eine vielblättrige Pflanze, Salat, Endivien, Kohl, iſt im Innern chsgelb, will man aber die beiden erſtgenannten recht zart haben, ſo det man ſie mit Baſt an der Spitze, an dem Gipfel des Hauptes zummen und öffnet erſt, nachdem die Pflanze die erforderliche Ausbildung halten, den zuſammengebundenen Buſch, ſo findet man die nächſt den ßern Blättern ſtehenden ſchon gelb, je weiter nach dem Innern, deſto rter wird die Farbe und zuletzt iſt der Kern vollſtändig weiß, ohne allen uflug von Färbung. Eines unſerer feinſten Gemüſe wird beſonders geſchätzt, wenn es ganz weiß iſt — der Spargel. Es iſt dieſes der Keim, n wir eſſen *und er bleibt nur weiß, ſo lange* er ohne Zutritt des Lichtes

wächst, treibt er in einer warmen Frühlingsnacht einen Zoll hoch über die Erde, bevor der verschlafene Gärtner ihn sticht, so ist er, so weit er darüber gestanden, violett oder grünlich gefärbt, und weil man in Würtemberg nirgend so tiefen Boden hat als nöthig, um den Spargel in solcher Art zu behandeln, wie in dem humusreichen Norddeutschland (dessen üppige, getreidereichen Ebenen und Niederungen den Boden abgelagert enthalten, welchen die Gewässer von den Höhen und Gebirgszügen des südlichen Deutschland abgespült haben), so kennt man dort auch nicht daumendicke, zolldicke weiße Spargel, sondern man hat nur über der Erde gewachsene (geschossene), und diese sind, da sie dem Einflusse des Lichtes nicht entzogen, durchweg vollständig grün, obschon sie höchstens zwei Tage alt, d. h. zwei Tage lang über der Erde gewachsen sind. Die wenigen weißen Spargel, welche man dort sieht, heißen Ulmer Spargel, weil man an diesem Orte versteht, sie dem Einflusse des Lichtes zu entziehen.

Gute Hausfrauen legen (besonders in kleinen Städten, wo sie nicht so bequem wie in der Residenz ihre Speisekammer in jedem Gemüsekram rekrutiren können) verschiedenes Wurzelwerk in ihren Keller, um während des Winters Abwechselung in ihren Küchenzettel zu bringen; keine derselben wird übersehen haben, daß die Blätter, welche Sellerie, Petersilie ꝛc. treiben, nicht grün, sondern blaßgelb aussehen, wenn aber die Kartoffeln gegen die Frühjahrszeit zu keimen beginnen, so erscheinen diese Keime fußlang ganz weiß, ja es kommen Fälle vor, wo diese Keime 10 und mehre Fuß lang mit Ansätzen zu Blättern über den Boden hinweglaufen, ohne sich irgendwie zu färben.

Wirkung auf Pflanzen.

Das Licht aber übt auch noch einen eigenthümlichen Reiz aus, es ist als müßte man sagen, es zieht die Pflanzen an. An seinem Zimmergarten hat ein Jeder die Erfahrung gemacht, daß die Rosensträuche, die Geranien einseitig wachsen oder daß, wenn dies nicht geschehen soll, sie beinahe täglich umgekehrt werden müssen. Schöne gerade Bäume wachsen nur im geschlossenen Walde, selbst die als Symbol der Schlankheit häufig genannte Tanne wächst, wenn sie einzeln steht, zuckerhutförmig, die unteren Aeste gehen ringsum weit aus einander und bilden die Basis des Kegels, der nach oben immer schmaler und spitzer wird; die Föhre giebt, vereinzelt stehend, einen unansehnlichen, knorrigen Baum von untergeordnetem Wuchse; die Buche erhält nicht einmal die Höhe eines wilden Birnbaums und bildet eine ganz *kugelförmige, fast bis zur Erde herabreichende Krone.* Im Walde gehen

e dieſe Bäume gerade aufwärts, ſie erreichen eine Höhe von 100 bis
0 Fuß, die Stämme ſind ſchlank, die Seitenäſte fallen in der Jugend ſchon
und die Narben verwachſen oder werden von den jährlich anſetzenden
olzſchichten überdeckt und nur ganz oben ſieht man Laub oder Nadeln.
ie Pflanzen drängen ſich alle aus dem Schatten an das Licht und da
ſes im Walde nirgends zu finden iſt als oben, ſo ſteigen ſie immer weiter
por und die Bäume gewinnen ein ganz anderes Anſehen.

Ja die Pflanzen ſuchen das Licht. Wenn in einem Keller im fernſten
inkel eine Kartoffel liegt und Mäuſe oder Ratten haben nicht die Keime
ſtört, ſo gehen dieſe länger und immer länger werdend auf dem aller-
chſten Wege dem einzigen vorhandenen Lichtloche zu und ſollte dies 20
o mehr Fuß ſein, ſollte auch die Lichtöffnung nur ein paar Zoll meſſen;
or dieſe erreicht iſt, werden die Blattanſätze nicht grün. Auch verändert
: Einfluß des Lichtes die Pflanzenſubſtanz, man findet in dem Kraute der
rtoffeln keine giftige Subſtanz, das Vieh frißt daſſelbe nicht ungern, die
ime aber, die lichtlos im Keller wachſen, ſind ſehr reichhaltig an dem
lanzengifte, welches den Solanumarten eigenthümlich iſt, an dem Solanin.

Daß die Pflanzen ſich zum Lichte drängen, iſt eine ſo allgemein be-
mte Thatſache, daß man kaum nöthig hat, darüber zu ſprechen, allein
rſuche ſind gemacht worden, um zu erforſchen, bis zu welchem Grade
s gehe. Wenn man die Halme der Gräſer betrachtet, ſo ſieht man, daß
ganz ſenkrecht ſtehen. Säet man Gras oder eine zu dieſer natürlichen
milie gehörige Pflanze, wenn der Laie ſie ſchon nicht dahin zählt, ein
treide in einen Blumentopf und ſtellt man denſelben in ein Zimmer, un-
n des Fenſters, ſo wird jeder Halm ſchräg werden. Bringt man den
pf ſo hoch an, daß er das Licht unter ſich hat, ſo wachſen die Halme
den Topf herum abwärts und ſuchen ſich auch das Licht auf, ſobald
aber das Freie erreicht haben, ſteigen ſie wieder gerade aufwärts. Dieſe
chſelwirkung zwiſchen dem Streben nach dem Lichte und der ſenkrechten
ie bedingt die etwas ſchräge Stellung der Bäume an Bergabhängen. Das
fallendſte Experiment haben uns aber Graf Bucquoi und der Botaniker
hulz gezeigt. Der Letztere ſäete Getreide in einen Blumentopf, deſſen obere
ffnung mit einer Matte bedeckt war, ſo daß beim Umkehren die Erde
t herausfallen konnte. Dieſer Topf ward in einen etwa 4 Fuß langen,
r ganz ſchmalen, aufrecht ſtehenden, hölzernen Kaſten geſetzt, an deſſen Boden
eſtigt, dann aber der Kaſten umgekehrt, ſo daß der Topf nunmehr mit ſeinem
den nach oben, mit ſeiner offenen Fläche nach unten gerichtet, von dem ober-
n Theile des Kaſtens herabhing; von dieſem Kaſten war an der dem Topfe
gegengeſetzten Seite ein Stück Brett hinweggenommen und durch daſſelbe

ein Spiegel so gesteckt, daß die Lichtstrahlen, welche er von dem blauen Himmel empfing, nach oben, gegen den Topf gerichtet wurden. Als nun die Körner zu keimen begannen, wuchsen sie schnurgerade nach unten, ohne die mindeste Neigung zu einer seitlichen Abweichung zu zeigen, woraus unzweifelhaft erhellt, daß der Einfluß des Lichtes die Richtung der Pflanzen bestimmt.

Graf Bucquoi machte die Natur vollends confus. Er füllte eine runde hölzerne Dose mit Erde, bohrte rundum an der Zarge eine Menge kleiner Löcher und brachte durch dieselben Grassamen hinein, die feucht gehaltene Erde gestattete baldiges Keimen. Diese Dose ward nunmehr an den Stundenzeiger einer sehr starken Wanduhr befestigt und so bewirkt, daß dieselbe (die Dose) sich alle zwölf Stunden völlig um ihre Axe drehte, d. h. daß jeder Punkt der Dose binnen zwölf Stunden einmal oben war. Die Samen keimten alle und zwar aus allen Löchern heraus und gingen von dem Mittelpunkte der Dose nach allen Seiten; hier war der einseitige Einfluß des Lichtes aufgehoben, dieser und die Neigung, senkrecht empor zu wachsen (falls sie etwas anderes ist als eine Neigung zum Lichte), war ausgeglichen.

Solche Pflanzen, welche auf Entbehrung des Lichtes angewiesen sind, wie der Schimmel und die meisten Pilze, die Rhizomorpha subterranea und andere unterirdisch wachsende sind selbst im vollkommensten Zustande ganz weiß oder so hellgrau, daß man kaum etwas Farbe an ihnen erkennt.

Lichtreiz.

Die meisten Pflanzen wenden, auch wenn sie ganz im Freien stehen, sich nach der Lichtseite, d. h. nach derjenigen, von welcher die stärkste Sonnenwirkung kommt, von einigen großblühenden, z. B. von der Sonnenblume sagt man, sie wende der Sonne vom Aufgange bis zum Untergange derselben ihr Antlitz zu. Es genügt zwar ein Blick auf einen blühenden Busch von dieser Pflanze, um sich zu überzeugen, daß dies nicht wahr, indem von den zehn oder zwanzig gleichzeitigen Blüthen jede nach einer andern Richtung hinsieht, allein die Erfindung dieses Mährchens selbst liefert den Beweis, daß diese Neigung der Pflanzen nach dem Lichte auch dem Unbefangensten auffällt und wenn nicht bei der Sonnenblume, so bei hundert andern Pflanzen ist ein solches nach dem Scheine der Sonne gehen eine Thatsache; die Echinocacteen z. B. (Ech. Ottonis) und das ganze damit verwandte Geschlecht blühen nur im vollsten Sonnenschein auf, stehen dergleichen hinter dem Fenster eines nach Morgen gelegenen Zimmers, so

ommen die Knospen gar nicht zum Aufblühen, liegt das Zimmer nach Mittag und ſtehen ſie ſo, daß der Schatten des Fenſterkreuzes ſie treffen nn, ſo erblühen ſie, ſobald aber der Schatten ſie trifft, ſchließen ſie ſich nd dauert es etwa eine Stunde, ſo gehen ſie vollſtändig wieder zu, öffnen ch jedoch wieder, ſobald der Schatten vorüber iſt. Die Nacht hindurch ſind ſie eſchloſſen, am zweiten Tage erblühen ſie während des Sonnenſcheins noch nmal.

Die Feld- und die Gartenwinden und unzählig viele andere Pflanzen gehören hierher, die Ausnahme, daß eine Pflanze nur während der Nacht blüht, wie Cereus grandiflorus ſind ſo ſelten, daß ſie gewöhnlich zu irgend einer poetiſchen Sage oder doch wenigſtens zu einem ſolchen Namen Veranlaſſung giebt, wie Königin der Nacht u. dergl.

Auch diejenige Eigenſchaft der Blumen, welche man ihren Schlaf nennt, hängt vom Lichte ab. Die Blumen öffnen ſich des Morgens und ſchließen ſich des Abends oder ſie bedürfen noch ſtärkeren Lichtreizes, ſo daß ſie nur während der Mittagsſtunde offen ſind, aber dieſelben Blumen, bei welchen dieſes beobachtet wird, äußern an ganz ſchattigen, bewölkten Tagen ein ſolches Vermögen, ſich zu öffnen oder zu ſchließen, nicht, es gehört der helle Sonnenſchein dazu, allein nicht die Sonne iſt es, welche dies bewirkt, ſondern thatſächlich das Licht, gleichviel aus welcher Quelle es ſtammt.

Zuerſt hat man verſucht, ob Pflanzen, denen man zwar ihre Lebensbedingungen, Feuchtigkeit, Luftwechſel, Wärme, zukommen läßt, aber das Sonnenlicht entzieht und dieſes durch Lampenlicht erſetzt, gedeihen und hat gefunden, daß wenn ſie auch ſchwächlich wie etwa Treibhauspflanzen überhaupt, ſo doch geſund ſind und falls nur die Argand'ſchen Lampen, welche man anwendete, ſtark, leuchtend genug ſind, die Pflanzen ganz ſchön grünen und blühen, allein de Candolle, welcher dieſe Verſuche beſonders in's Große und Einzelne getrieben, hat ſogar bemerkt, daß nicht allein das Leben der Pflanzen durch künſtliches Licht erhalten werden könne, ſondern daß man ſogar im Stande ſei, ihre Gewohnheiten umzukehren und ſie während der Zeit ihres gewöhnlichen Wachens ſchlafen zu laſſen und während der Schlafzeit zum Wachen zu bringen, d. h. ſie ein verkehrtes Leben führen zu laſſen, wie die Franzoſen es auch thun, die aus Nacht Tag und aus Tag Nacht machen.

De Candolle nämlich brachte lebhaft ſtrahlende Lampen mit Blechſpiegeln verſehen in den Raum, in welchen die ſonſtigem Lichte entzogenen Pflanzen ſich befanden und ließ dergleichen, bei denen Schlaf und Wachen ſich recht auffallend zeigte, ſo behandeln, daß ſie während der Tageszeit, *als der ihres Wachens, im Finſtern* waren und während der Nachtzeit ein

ſtarke Beleuchtung durch Lampen erhielten und es erfolgte die wirkliche Umkehrung ihrer Natur, ſie ſchliefen oder hatten ihre Kelche geſchloſſen während der künſtlichen Nacht und hatten ſie geöffnet während des künſtlichen Tages, ſo daß man mit großer Sicherheit die Ueberzeugung gewann, Licht (nicht Sonne) ſei das Belebende und es ſei gleichviel, woher dies Licht komme. Da man es aber nicht ſo ſtark und ſo kräftig machen kann, wie es die Sonne liefert, ſo iſt natürlich kein vollſtändiger Erſatz vorhanden und nur der Beweis geführt, daß Licht den Pflanzen nöthig ſei.

Einfluß auf die Vegetation.

Welchen Unterſchied die Intenſität des Lichtes hervorbringt, ſehen wir an dem Pflanzenwuchs in verſchiedenen Klimaten. Auf den ſteiriſchen Alpen, in 5000 Fuß Höhe wächſt die Zwergbirke, auf den Bergen um das Nordcap wächſt ſie einige 100 Fuß über dem Meere, es iſt derſelbe kleine, verkrüppelt ſcheinende Baum, durch die Kälte des Klima's niedergehalten; er hat in Norwegen, wenn der Sommer ſich zum Ende neigt, noch die hellen grünen Blätter, welche ihn im Frühling ſchmückten und deren Farbe man bei uns Maigrün nennt; in Steiermark dagegen werden ſchon im Juni die Blätter der Zwergbirke dunkel und wenn die Mitte des Sommers da iſt, unterſcheidet ſich ein auf der Höhe abgebrochener Zweig einer Zwergbirke von einer gewöhnlichen im Thale gewachſenen gar nicht in Hinſicht auf die Farbe. Die Intenſität des Lichtes iſt in den mittleren Breiten bei weitem größer als im hohen Norden.

Noch auffallender wird dies, wenn man nach den Aequatorialgegenden reiſt. Von dem Polarkreiſe bis nach dem Aequator nimmt die Zahl der wildwachſenden Pflanzen immer zu; dies könnte man auf Rechnung der Temperatur und der Nahrung ſchieben, allein die Pracht der Farben bei den Blättern ſowohl als den Blüthen nimmt in eben dem Maße zu. Tauſende von Pflanzen haben, wie das Caladium bicolor oder die Dracaena terminalis, prächtig purpurroth und dunkel carminroth gefärbte Blätter ſtatt der grünen, oder die Blätter ſind oben grün und unten roth; unſer Amaranthus tricolor gewährt für die Pracht ſolcher Pflanzen keinen Erſatz allein auch dieſe Pflanze gehört ſüdlicheren Gegenden als der unſrigen an wird nur durch die Gartenkunſt bei uns heimiſch und kann in Schweden und Norwegen nur noch in Treibhäuſern gezogen werden, aber als ein Schattenbild deſſen, was ſie in Italien iſt.

Die Pracht der Cacteen, der Liliaceen, der Nymphaeen, der Blumenrohre, der Paſſifloren dankt ihr Daſein dem reichlichen Lichte, welches

in den Tropengegenden überſtrömt. Ein tropiſcher Urwald, aus einiger ıtfernung und von außen geſehen, iſt das Wunderbarſte und Prächtigſte, ɪs es auf Erden giebt, die Verſchiedenheit der Größe, der äußeren Ge- ıltung der Bäume, die wunderbare Pracht des zarten, fein gefiederten ıubes oder der rieſig großen Blätter, groß genug, um zu dreien oder ıeren eine indianiſche Hütte zu decken, vereint mit der wunderbaren Farben- racht der Blätter ſelbſt oder der die Bäume mitunter ganz bedeckenden Blüthen von Schmarotzerpflanzen, der Orchideen, Aroideen und Brome- laceen, hat dieſe unbeſchreibliche Fülle von prächtigen Farben nur dem reichlich geſpendeten Lichte zu verdanken. Ja wir brauchen uns gar nicht zu einer Reiſe in die Tropenländer zu entſchließen, ein Jeder kann in ſeinem Zimmer die Erfahrung machen. Der ſchöne, roſenähnlich blühende, gefüllte Oleander blüht, wenn er Wärme und recht viel Waſſer hat, überaus reichlich, allein er blüht im Zimmer ſo blaßroſa, daß man ihn neben einem andern deſſelben Geſchlechts für weiß halten möchte, ſteht der Baum dagegen im Freien, ſo iſt ſeine Farbe ſo kräftig, daß die ſchönſte Centifolie dieſelbe nie- mals erreicht. Ob der bedeutende Unterſchied im Geſchmack, in Würzigkeit und Süße, im Geruch, der zwiſchen ſolchen Pflanzen, die im Treibhaus ɔezogen werden und ſolchen, die in freier Luft wachſen, allein auf Rechnung ɔes Lichtes zu bringen iſt, dürfte allenfalls zweifelhaft ſein und liegt auch eineswegs allgemein zu Ungunſten der Treibhauspflanzen. Kirſchen oder Erdbeeren ſchmecken allerdings beſſer, wenn ſie unter Gottes freier Sonne m wohlgepflegten Garten ſtehen, Ananas aber und viele andere tropiſche Gewächſe ſind bei uns bei weitem köſtlicher, ſüßer, aromatiſcher, als wenn ie in ihrer Heimath ungepflegt wachſen, die oben angeführten Thatſachen, ɔie Einflüſſe des Lichtes betreffend, ſind jedoch gar nicht hinwegzuläugnen.

Wirkung auf die Thierwelt.

Wenden wir uns an die Thierwelt, ſo ſehen wir auch bei dieſer die Mannigfaltigkeit der Formen und Farben ſteigen, wie wir uns von den Polen zu dem Aequator wenden. Was den Antheil betrifft, den das Licht auch an der Größe der Thiere haben ſoll, ſo dürfte derſelbe allerdings ſehr zweifelhaft ſein, und wenn auch in der heißen Zone Elephant, Rhi- noceros und Nilpferd wohnen, ſo kommen dafür ihre Pferde, Rinder, Hirſche, Ziegen ꝛc. bei weitem nicht den unſrigen gleich und ein ſchöner Zuchtſtier der Cheviotrace, welcher 11 Fuß Körperlänge und 26 Centner Gewicht hat, oder ein Maſtochſe, davon ein Schenkel, auf den Weihnachtsmittagstiſch ɛr *Königin von England* kommend, gebraten noch 500 Pfund wiegt.

dürfte sich, wenn auch nicht mit dem Elephanten, so doch gewiß mit dem Rhinoceros und dem Nilpferde messen, dergleichen Rinder aber sind vollends vier- und sechsmal so groß als die Rinder der heißen Zone. Der nordische Edelhirsch, das Rennthier und das Elen sind doppelt und dreimal so schwer als die verwandten Arten in den mittäglichen Gegenden, der indische Wolf ist ein Schäferhund im Vergleich mit dem europäischen, der Bär des Nordens ist viel größer als der des Himalaya und der Eisbär nimmt es im Kampfe wohl mit zwei Löwen oder zwei Tigern zugleich auf; der flandrische Karrengaul, der sogenannte Porteur, welcher in der Gabel des zweirädrigen Karrens geht, hat so viel Masse, um wenigstens vier arabische Pferde daraus zu machen, ja selbst der Hase der Tropenländer ist kleiner, viel kleiner als der der gemäßigten Zonen.

Mannigfaltigkeit der Farben und Formen aber sind in den Südländern nicht zu verkennen, besonders wenn wir an die befiederten Bewohner der Erde denken, worunter wir auch die Schmetterlinge rechnen können, deren prachtvolles Kleid durchweg aus Federn besteht. Wer dächte dabei nicht an die fliegenden und flatternden Blumen der Tropenwelt, an die hüpfenden und zwitschernden Edelsteine derselben, an die herrlich geschmückten Tagfalter und an die Kolibris, die im Sonnenschein funkelnd, bald wie Smaragden, wie Hyacinthen, bald wie Rubinen oder wie Amethysten glühen und flimmern? Was ist gegen diese Thiere unser Trauermantel oder Todtenkopf, unser Stieglitz oder Distelfink?

Demnächst werden die behaarten Thiere im Norden nicht nur während des Winters weiß, sondern sehr viele derselben, der weiße Fuchs, Bär, Wolf, der weiße Hase, der Hermelin sind es immer, indessen ihre Verwandten, je weiter mittäglich sie wohnen, desto dunklere Farben tragen.

Einfluß des Lichtes auf den Menschen.

Gehen wir nun zu dem Menschen über, so ist dies noch viel auffallender. Dieselbe Race oder in derselben Race die nämliche Spielart zeigt sich auf das Lebhafteste empfänglich für die Eindrücke des Lichtes. Unsere Damen, welche immerfort in den Zimmern sitzen, ja die vornehmeren, welche nicht einmal zu einem Besuche oder spazieren *gehen*, sondern um doch niemals der Luft ausgesetzt zu sein, *immer fahren*, sind so hell von Farbe, daß man es mitunter erschreckend nennen könnte, weil Alles, was das Gesicht lieblich und anziehend macht, die *Frische* und *Blüthe*, vertilgt ist. Das Licht hat keine Wirkung auf sie üben können, wie auf Oleander, welche *im Zimmer gehalten* werden.

Kommt solch eine Dame auf Befehl des Arztes auf das Land, muß sich der Luft und dem Lichte aussetzen, so erscheint statt des bleichen, ankhaften Weiß sehr bald ein helles Rosig auf Hals, Brust und Armen, e schöne Röthe, die Farbe der Gesundheit auf den Wangen und die Mutter, welche das bleichsüchtige Kind sehr wider ihren Willen und nur, weil der Arzt sie für das Leben desselben verantwortlich gemacht hat, wenn sie seinen Anordnungen nicht Folge gäbe, auf das Land entlassen hat, sagt wohl beim Wiedersehen entsetzt: „mein Gott, wie siehst du aus? gesund und roth wie ein Milchmädchen!“ Und doch bestand die halbjährige Kur in nichts Anderem als darin, daß man der Luft und dem Lichte großmüthig gestattete, seinen heilenden Einfluß zu üben.

Aber nicht ein krankhafter Zustand, wiewohl er lediglich durch Entziehung des Lichtes herbeigeführt worden, möge uns bei unserer Betrachtung als Leitfaden dienen, sehen wir doch nur uns selbst an, uns, die wir gesund sind. Welchen Unterschied zeigt nicht die Farbe unseres Gesichtes und unserer Hände im Vergleich mit den bedeckten Theilen des Körpers und die Hände, welche eine natürliche Farbe haben, wie bald werden auch sie bleich (was bei unseren verkehrten Ansichten für schön gilt), wenn aus dem Sohne des reichen Rittergutsbesitzers ein Gardelieutenant wird, der es für höchst wichtig hält, fest anschließende Kleider, die man Handschuhe nennt, auch für seine Hände zu kaufen, was der junge Herr auf des Vaters Gute höchstens im Winter auf der Jagd oder bei der Schlittenparthie für nöthig fand.

Man glaube ja nicht, daß die Haut unserer Brust oder unseres Rückens weniger dunkel gefärbt wird als Hand oder Gesicht. Jemand, der die Brust offen trägt, so daß das Licht durch den vorderen Spalt des Hemdes wirken kann, wird hier eine handbreite rosenrothe Stelle von der Länge des Hemdschlitzes sehen, und der Bauer oder Tagelöhner, der auf dem Lande während der Sommerszeit häufig in Hemdsärmeln arbeitet, wird den ganzen Oberleib geröthet, streift er die Aermel gar auf, so wird er die Arme gebräunt finden.

Die kaukasische Race hat sehr verschiedene Schattirungen, von dem reizenden, frischen Rosenroth des norwegischen Jünglings bis zu dem Braunschwarz des indischen Fürsten, die Farbe verdunkelt sich bei den dieser Race angehörigen Völkern immer mehr, je weiter man nach Süden rückt, je stärker der Lichteindruck ist. Auch der Indier ist nur an Gesicht und Händen schwarzbraun, auch der Beduine und der Araber nur da und an den bedeckten Theilen des Körpers viel heller, auch der Italiener und der Spanier hat diese braune Farbe, welche ihn beinahe mulattenähnlich erscheinen läßt, nicht auf Brust und Schultern, wiewohl der neapolitanische Fischer, welcher

nichts weiter als ein Paar Badehosen und eine phrygische Mütze trägt, wiederum über und über braun ist wie ein Fellah in Aegypten. Allein je weiter man nach Süden kommt, desto dunkler ist doch im Allgemeinen die Färbung der Kaukasier, man könnte demnach sagen, es sind Spielarten derselben großen Race und die Italien und Spanien bewohnenden sind anders gefärbt als die den Norden bewohnenden.

Dem ist nicht so, denn eine Circassierin mit blauschwarzen Haaren, von einem viel dunkleren Brünett als nur je im Norden ein Mädchen geboren worden, von einem dunkelbraunem Räuber des Kaukasus und von einer Mutter stammend, die nicht viel weniger gebräunt, weil sie den Garten und das Feld bauet, für den Harem eines Pascha mit 30,000 Piastern gekauft — ist blendend weiß von Armen, Schultern und Nacken, weil sie schon als Kind zum Verkauf bestimmt, im Schatten der elenden Hütte gehalten, in Ziegenfelle eingenäht, keinem Sonnenstrahl ausgesetzt, aber freilich auch nie gewaschen worden ist. So farblos erhalten, in Lumpen eingehüllt, aber ganz eingehüllt, bis auf die schwarzen Augen, wird sie zum Meeresstrande gebracht und den Sklavenhändlern übergeben, welche sie nun erst zum Verkaufe in den großen Städten des Reiches durch Reinigung und glänzende Bekleidung vorbereiten und nun wird sie wieder, in die Gemächer des Harems eingesperrt, verwahrt, bis sie aus diesen in eine ähnliche Verborgenheit, in den Harem des neuen Herrn übergeht.

Da ist nun allerdings von dem Reiz, wie wir ihn kennen und lieben, keine Rede, allein vom brünetten Teint auch nicht, obwohl Vater und Mutter kastanienbraun von Farbe sind. In der Türkei aber liebt man dies krankhafte Weiß und es wird dadurch erhalten, daß man dem Lichte die Einwirkung versagt. Eine noch dunklere Schattirung hat die kaukasische Race unter dem heißen Himmelstrich von Habesch in Afrika; die Mauren daselbst und die christlichen Einwohner von gleicher Abkunft und nur durch die Religion verschieden, welche dort seit dem ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung Wurzel gefaßt hat — haben in ihren Sitten und Gebräuchen unter einander die größte Aehnlichkeit, so sperren die Christen daselbst ihre Frauen eben so gut in abgesonderte unzugängliche Gemächer, wie die muhamedanischen Mauren, bei diesen, wie bei jenen ist das weibliche Geschlecht der bevorzugten Stände so weiß wie in Europa, indeß die Frauen und Töchter der Landbewohner, der Arbeiter, gleiche Farbe wie die Männer haben.

Auf den Inseln der Südsee, wo die Malayenrace ein Braun hat, das sich sehr dem Schwarz nähert und nur durch einen eigenthümlich schönen warmen Ton davon unterschieden ist, werden die Kinder weiß geboren und die Frauen, welche im Schatten ihrer Hütte sich ausschließlich mit der Be-

reitung der Speisen und Getränke, der Kleider, der Matten und Netze beschäftigen, sind, wenn schon beinahe ohne Gewänder, in welche sie sich nur hüllen, wenn sie die Hütte verlassen — doch so sehr viel heller von Farbe als die Männer, daß man sie gar nicht für Bewohner der Aequatorialregion halten würde, wenn man sie nach Europa versetzte, die Andalusierinnen wenigstens sind viel dunkler von Farbe.

Das die Farbe der Race bedingende Princip ist der malpighische Schleim, welcher unter der Epidermis liegt, derselbe ist bei den Europäern blaßrosig bis zu solcher Schwäche der Färbung, daß er beinahe weiß erscheint; bei den südlicher wohnenden Kaukasiern hat er eine gelbliche Färbung, eine braune bei den Malayen und eine grauschwarze bei den Negern; allein die Tiefe der Farbe hängt ganz von dem Lichteindruck ab, selbst das Negerkind wird weiß geboren, erst die Sonne bringt das Roth, Braun, das Grün der Mongolenrace und das Schwarz der Neger hervor.

Bleichen durch Licht.

Diese dunkelnde Eigenschaft des Lichtes, welche sich recht deutlich bei den Blättern der Bäume zeigt, die vom Frühling bis zum Herbste hin immer dunkler werden, findet übrigens nur bei lebenden Organismen statt, auf todte wirkt das Licht gerade umgekehrt, es zerstört die Farbe.

Das Gras steht drei Monate auf der Wiese, es wird immer satter grün, nun wird es gemähet, in zwei Tagen, die es auf der Wiese gelegen hat, ist es grünlich grau geworden, ein paar Mal beregnet und wieder von der Sonne beschienen, wird es gebleicht.

Den Bleichprozeß, welchen unsere Chemie vor etwa 50 Jahren erfunden, indem sie das die Pflanzenfarbe zerstörende Chlor anwendet, ist von der Sonne sehr viel früher als von Bertholet erfunden worden und von ihr ausgeübt, seit sie ungehindert die Luft durchdringt und die Erde bescheint. Es giebt keine Pflanzenfarbe, welche nicht von ihr zerstört, nach und nach in weiß verwandelt würde; die am festesten sitzende, die graue Farbe der getrockneten Flachsfasern, aus denen wir unsere Leinwand bereiten, wird in drei Monaten durch die Sonne so vollständig vertilgt, daß ein schneeweißes Leinen übrig bleibt, nicht anders ist es mit den übrigen Pflanzenfarben. Indigo scheint hiervon eine Ausnahme zu machen, wie auch die Farbe des Mahagoniholzes, wovon wir bereits gesprochen; allein die Ausnahme ist nur scheinbar, Indigo ist viel mehr ein Kunst- als ein Naturproduct und das Färben damit ist ein so zusammengesetzter chemischer Prozeß, daß dasjenige, was vom reinen *Pflanzenpigment* übrig bleibt, eine sehr untergeordnete Rolle

ſpielt. Der reine Bodenſatz aus den zerquetſchten Stengeln und Blättern der Indigopflanze wird durch die Sonne ſo wie durch Chlor vollſtändig entfärbt und das Dunkelwerden des Mahagoniholzes beweiſt nicht Unwirkſamkeit, ſondern nur eine andere Wirkſamkeit des Lichtes. Ein Aehnliches zeigt ſich auch bei dem thieriſchen Körper, ſo wie ſeine äußerlichen Theile während ſeines Lebens durch das Licht dunkler werden, ſo werden ſie bei dem abgeſtorbenen gebleicht. In der Regel gewährt der thieriſche Körper, nach dem das Lebensprinzip ihn verlaſſen hat, dem Lichte nicht die gehörige Zeit zur Verwandlung der Farbe durch das Licht, es tritt bei Weitem früher als die Bleichung, eine Zerſetzung der Stoffe durch Gährung ein, allein die hartnäckigſten Farben des thieriſchen Körpers, das Haar, werden dennoch gebleicht. Bauernmädchen, welche viel mit unbedecktem Kopfe auf dem Felde arbeiten, haben diejenigen Theile der Haare, welche am fernſten vom Kopfe ſind, die Haarſpitzen immer von anderer, von hellerer Farbe, während man dies bei Damen der Städte und bei den Gutsherrſchaften, welche ſich das Haupt bedecken, nicht wahrnimmt. Da, wo das Haar, nahe an den Wurzeln, noch mehr Lebenskraft hat, findet die Bleichung nicht ſtatt, daher eben das Scheckige und Unſchöne eines mit ſo verſchiedenfarbiger Behaarung verſehenen Hauptes.

Dies iſt nun ſchon der Fall an noch lebenden Haaren, wie erſt an abgeſtorbenen. Damit haben Diejenigen, welche Touren tragen, ſehr zu kämpfen; eine ſchöne dunkelblonde Perrücke wird auf das würdige Haupt geſetzt, dem die weißen Haare viel beſſer ſtänden, nach einem einzigen Sommer hat ſich das Dunkelblond in hell Olivengrün verwandelt. Nun wird eine neue Tour gekauft, aber nur an den Feſttagen aufgeſetzt — da giebt es denn einen Mann, der hat die ſonderbare Eigenſchaft, an den Werktagen gelbgrünliches, an Sonn- und Feiertagen bräunliches Haar zu haben.

Die Kraft des Lichtes iſt nicht zu hemmen. Ein Teppich von den prachtvollſten Farben, ſammetartig gewebt, hat zwei oder drei Monate an dem Ladenfenſter gehangen — er iſt nicht mehr zu brauchen, er hat jeden Werth verloren. Eine Dame hat Monate lang Fleiß und Arbeit an eine ſchöne Stickerei verwendet, ſie hat mit Geſchmack die ſchönſten Farben gewählt, einen Sommer lang hat das Sophakiſſen an ſeinem Platz gelegen — man hat die Veränderung kaum recht bemerkt, jetzt kommt ein neues dazu — da kann man das alte kaum mehr anſehn, ſo verblichen und vergraut ſieht es aus. Man muß aber ja nicht glauben, daß nur Pflanzenfarben durch das Licht verändert werden, auch die Mineralien leiden darunter. Der ſchönſte dunkelgrüne Malachit wird hell und gelblich und verliert die Friſche; kleine Stücken des Malachit ſind faſt wertblos, die Mode aber hat dieſelben,

nn sie gebleicht sind, zu Edelsteinen erhoben und derjenige Stein, welchen Dame mit Stolz in ihrem Armband in Gold gefaßt, maigrün, aber tt und glanzlos sieht, ist ein ausgeblichener Malachit, den die Ueberre-ngskunst des Juweliers ihr als etwas Kostbares aufgeheftet hat; das auf m Kamin stehende Gehäuse einer großen Uhr von der schönen saftgrünen, ftigen Farbe, kann bald zum Edelstein erhoben werden, man braucht es r 14 Tage lang im Sonnenschein stehen zu lassen. Besitzer von schönen neralien wissen dies sehr wohl und lassen ihre seltenen und kostbaren Stufen, usen, Krystalle ꝛc. gewiß nicht dem Lichte ausgesetzt.

Stoffwechsel.

So wie das Licht die Farben lebender und todter Organismen ver-dert, so verändert es auch ihre sonstige Beschaffenheit, befördert oder hindert Absonderungen oder Umwandlungen der vorhandenen Stoffe.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, daß jeder Organismus nur da-rch besteht, daß er sich immerfort verändert, neues Material aufnimmt d altes von sich stößt. Liebig hat großen Ruhm erworben, indem er s Wort „Stoffwechsel" eingeführt hat und man hält ihn für den Ent-der des Stoffwechsels; nicht nur die Sache, sondern die Entdeckung der-ben ist schon sehr alt und vor 70 bis 80 Jahren war sie schon alt ug, um dem berühmten Jean Paul Gelegenheit zu der Bemerkung zu ben, daß es unmöglich sei, eine Untreue zu vermeiden und daß es frag-h wäre, ob nicht die Ehe etwas an sich ganz Unmoralisches sei, da man setzlich eine Verbindung eingehe, von der man wisse, daß nach drei Jahren ner der beiden Theilnehmer einen Faden, eine Faser von Demjenigen mehr i sich habe, der diese Verbindung eingegangen. Eine Sache, die trotz ihrer erzhaften Wendung und Anwendung doch ganz ernsthaft wahr ist, indem rklich ein unaufhörlicher Wechsel aller Stoffe des thierischen Körpers statt-det, weil durch Haare, Nägel, Abschuppen der Haut durch Schweiß und rch Ausathmen, endlich aber durch die verschiedenen Auswürfe des mensch-hen Körpers, Schleim aus der Nase und dem Munde ꝛc. täglich und un-fhörlich etwas von dem vorhandenen Körper fortgeht, und eben so durch peise, Trank und Einathmen neue Substanz in den Körper gelangt, welche s Verlust nicht nur reichlich ersetzt, sondern sogar in jüngeren Jahren mehr i ersetzt, dem Körper zulegt, daher das Wachsen, bis ein Zeitraum ein-t, in welchem Ausgabe und Einnahme einander das Gleichgewicht halten d endlich dieser Stillstand in eine Abnahme übergeht, wo der Stoffwechsel

heraus wieder ersetzt, es unterliegt das Abbrauchen keinem
Handlanger, welcher beim Maurer Ziegeln zureicht, wird sich b
blutig scheuern, falls er nicht Lederblätter darüber bindet, ar
so streng, ist er kein Handlanger, sondern ein Gesell, d. h. hat
zu faulenzen, so wird er allerdings sich die Hände nicht blutig
aber abnützen und es würde ihm mit seinen Händen doch n
gehen wie mit seinen Schuhsohlen, wenn der Stoffwechsel nicht
er verbraucht. Immerfort wird Kohlen-, Stick-, Wasser- u
in unsern Speisen aufgenommen, immerfort wird ein Theil d
legt zu einem eisernen Bestand, Stickstoff im Leime der Haut,
der Haare, Kohlen- und Wasserstoff im Fett u. s. w. und wer
Einrichtung nicht wäre, so müßte bei dem unaufhörlichen Gebr
von unsern Gliedmaßen machen, ein jedes derselben sehr bal
äußerlich, sondern auch innerlich abgenützt werden. Wenn sic
flächen nicht erneuerten, wie sollten sie dem immerwährenden G
derstehen — wenn nicht Gelenkschmiere da wäre, wie sollte
werden — in der Gicht, bei welcher diese Gelenkschmiere nicht
Menge vorhanden ist, wird jede Bewegung durch die Reibun
flächen auf einander schmerzhaft. Wenn aber kein Stoffwech
wie sollte die verbrauchte Gelenkschmiere ersetzt werden? Di
welche diese fettige Substanz zwischen den Gelenkflächen erze
bald erschöpft sein, wenn nicht von den aufgenommenen Speise
ein Theil verwendet würde.

Aber selbst dieser Stoffwechsel hängt vom Lichte als einer

ſſender Nachtvogel, der den Tag über ſtets in ganz finſtern Höhlen zu-
kgezogen ſchläft), dem Umſtande zu, daß er ſtets im Finſtern lebt. Dachs
› Hamſter, Murmelthier und Bär gehören zu dieſen, das Dunkle liebenden
ɒ Fett anſetzenden Thieren; der Landmann, welcher ſich mit der Mäſtung
ɑ Vieh für die Städte beſchäftigt, weiß, wenn nicht aus der Theorie, ſo
ḥ aus Erfahrung, daß dunkle Ställe günſtiger ſind. Das Licht befördert
en raſcheren Umlauf, einen raſcheren Wechſel des Ausgeſchiedenen gegen
s Aufgenommene. Dunkelheit vermindert die Conſumtion und befördert
ɑ Anſatz. Dies wiſſen auch die Vorſteher orthopädiſcher Anſtalten ſehr
ohl, ſie benutzen vorzugsweiſe die Nacht zur Erhaltung der verkrüppelten
hper in gewiſſen, der Norm möglichſt nahen Stellungen, damit der Anſatz
ner Subſtanz für die am Tage verbrauchte in der künſtlich vorgeſchrie-
nen Art ſtattfinde.

Das Licht bewirkt einen eben ſolchen Stoffwechſel bei den Pflanzen
ɒ man kann ſehr wohl die Unterſtützung beobachten, welche das Licht dieſem
echſel gewährt. Wenn man geſunde, friſche Blätter in eine Flaſche thut,
eſe ganz mit Waſſer füllt, umkehrt und in ein Gefäß mit Waſſer ſtellt,
daß die Mündung der Flaſche unter Waſſer iſt und ſie ſich nicht ent-
ren kann und man bringt dieſen Apparat nun in den Sonnenſchein, ſo
ird man bald die Oberfläche der Blätter, beſonders an den Kanten, wo
ḥ kleine Gefäße öffnen, mit kleinen Bläschen bedeckt ſehen, welche ſich
ammeln, in die Höhe ſteigen und nach und nach eine Luftblaſe bilden, groß
ung, um zu einer Unterſuchung benutzt werden zu können.

Es ergiebt ſich bei dieſer, daß es Sauerſtoff geweſen, welcher ſich aus-
ſchieden hat. Macht man mit andern, gleichfalls friſchen Blättern, einen
nlichen Verſuch im Dunkeln, ſo bildet ſich allerdings auch Gas, allein es
: nicht Sauerſtoff, ſondern Kohlenſäure; bringt man aber zu den im Waſſer
ɥenden Blättern Kohlenſäure, ſo ſchlucken ſie dieſe, wenn ſie im Sonnen-
hein ſtehen, ein; ſie laſſen ſie aber unvermindert, vermehren im Gegentheil
e Quantität derſelben aus ſich, wenn ſie im Dunkeln gehalten werden.

Die Blumenblätter und die Früchte ſcheiden dagegen lebhaft Kohlenſtoff
s und ſchlucken Sauerſtoff ein, laſſen alſo den Stickſtoff der Luft allein
rig, daher iſt es gefährlich in Zimmern zu ſchlafen, in denen viel Blumen
hen und viel Obſt bewahrt wird, wenn es ſchon eine Fabel ſein mag,
ß Menſchen davon erſtickt ſind. Der Luftwechſel iſt in einem gewöhn-
hen Zimmer größer als der Stoffwechſel, der durch Hunderte von blü-
nden Pflanzen hervorgebracht wird. Die Gärtner, welche in ihren Treib-
uſern ſchlafen, müßten denn in ſteter Todesgefahr ſein. Es ſoll jedoch wirklich
rgekommen ſein, daß Damen in einem Zimmer erſtickt ſind, in welchem viele

blühende Orangen, Oleander oder Giftpflanzen, wie z. B. der prächtig blühende rothe Fingerhut (Digitalis purpurea) geweſen und iſt es geſchehen, ſo widerlegt es die Einwirkung des Lichtes keineswegs, denn es iſt nicht der Sauerſtoff, von welchem man erſtickt.

Chemiſche Wirkung des Lichtes.

Gehen wir von dieſen Einwirkungen des Lichtes auf die Organismen ab und beſchäftigen wir uns mit der rein chemiſchen Thätigkeit des Lichtes, ſo erfahren wir noch viel Auffallenderes und die neuere Chemie und die Technik hat das Licht als ein mächtiges chemiſches Agens ſchätzen und fürchten gelernt. Um einen Grund für das letztere anzuführen, möge ſeine Wirkung auf Chlorwaſſerſtoffgas hier Platz finden.

Wenn man gutes, reines Chlorgas in ein farbloſes Glas (eine Flaſche) ſteigen läßt, bis die Hälfte davon erfüllt iſt, dann reines Waſſerſtoffgas dazutreten läßt, bis die Flaſche mit den beiden Gaſen ganz gefüllt iſt, ſo findet nicht die geringſte Veränderung an den zuſammengebrachten Gaſen ſtatt, ſie bleiben ungemiſcht neben einander, ſo lange alles im Dunkeln bleibt, alſo etwa ſo lange man das Gefäß, worin die Gaſe enthalten ſind, in einem Futteral von Pappe verwahrt. Setzt man dagegen das Glas dem Tageslicht aus, ſo verwandelt ſich nach und nach das Gasgemiſch in Salzſäure.

Man möge ſich indeſſen wohl hüten einen Sonnenſtrahl darauf fallen zu laſſen, im Augenblick, wo dies geſchieht, entſteht eine gewaltige Exploſion und es iſt, bevor man dieſe Eigenſchaft des Lichtes kannte, durch dieſe Miſchung viel Unglück entſtanden. Will man das Experiment machen, ſo kann es gefahrlos nur auf folgende Weiſe geſchehen:

In einem gegen das Tageslicht verſchloſſenen Zimmer macht man die Gasmengung, bringt die verkorkte Flaſche damit in ein Pappfutteral, welches ſo weit iſt, daß die Flaſche ganz leicht hinein fallen kann, und wartet nun nach Oeffnung der Laden, den Zeitpunkt ab, wo die Sonne an dem Hauſe *vorbei* ſcheint. Man darf das Experiment nicht unternehmen, wenn die Sonne noch die Wand des Fenſters trifft. Iſt dieſer Zeitpunkt gekommen, ſo öffnet man die Fenſterflügel, hält mit einer Hand das Futteral, mit der andern den Hals der Flaſche und ſchleudert nun plötzlich, indem man die Flaſche aus dem Futteral zieht, dieſelbe durch das offene Fenſter hinaus.

In dem Augenblick, wo ſie von den Sonnenſtrahlen berührt wird, entſteht eine Exploſion, das Glas iſt in tauſend Trümmer zerſplittert und die im Sonnenſchein im Moment der Berührung entſtandene Salzſäure iſt wieder zerſetzt und verflüchtigt. Geſchieht die Exploſion im Zimmer, ſo kann

n Experimentator große Gefahr erwachsen, daher dies Experiment die
ßte Vorsicht erfordert, um so mehr, als bei recht hellem Sonnenschein, über-
upt bei recht klarer Luft, also vielem Licht, die Explosion schon erfolgt,
e daß directes Sonnenlicht die Glasflasche mit dem Gasgemenge trifft.
an darf also das Experiment auch nicht im Freien an einem hellen Tage,
a im Schatten einer Mauer machen, denn selbst da findet die plötzliche
reinigung der Gasarten unter heftiger Detonation und Zersplitterung
Glases statt; Aehnliches geschieht in der Nähe lebhaft brennender
Lampen.

Farbiges Licht.

Wenn man die Lichtstrahlen, welche von der Sonne kommen, auf ein
eckig geschliffenes Stück reinen Glases, auf ein Prisma fallen läßt, so
cheint hinter dem Glase ein verzogenes Bild des auffallenden Strahles.
an macht diese Versuche gewöhnlich in einem verdunkelten Zimmer, in
sen Fensterladen Oeffnungen sind. Ist nun die Oeffnung, durch welche
s Licht auf ein Prisma fällt, rund, so wird das an der Wand erschei-
nde Bild oval, ist die Oeffnung viereckig, so wird das Bild lang gezogen
eckig, vor allen Dingen aber farbig, etwas, worüber wir noch ausführ-
h sprechen werden, hier wird der Umstand nur vorübergehend wegen der
mischen Wirkung des Lichtes erwähnt.

Der unfarbig in das Prisma eintretende Lichtstrahl erscheint beim Aus-
itt aus demselben verzogen und in sechs Farben aufgelöst. Das eine Ende
s länglichen Licht- und Farbenbildes ist lebhaft purpurroth, darauf folgt
range, dann ein schönes Gelb, an dieses schließt sich Grün, Blau bis zum
chtigsten Ultramarin, worauf Violet das Bild an dem andern Ende be-
ließt. Wer nie durch ein Prisma gesehen, oder das Farbenbild beobachtet
t, welches man von demselben an einer weißen Wand erhält, der kann
h gar keinen Begriff von der Pracht der Farben machen.

Merkwürdig ist nun besonders, daß diese verschiedenen Lichtstrahlen,
elche alle durch eine Oeffnung kommen und durch das Prisma aus ein-
ndergelegt werden, eine ganz verschiedene chemische Wirkung haben. Sondert
an die Farben des Spectrums (so nennt man das Lichtbild der durch ein
risma fallenden, gefärbten Strahlen an der Wand) durch eine Metalltafel
it einer Oeffnung so von einander, daß immer nur eine derselben auf die
and fällt, so kann man nunmehr die Wirkung der einzelnen gefärbten
trahlen untersuchen und dabei findet man, daß im rothen Strahle die Ex-
losion des Chlorwasserstoffgases gar nicht stattfindet, im Orangestrahl

nach einiger Zeit, im gelben und grünen schneller, im blauen und violetten Strahl am lebhaftesten und plötzlichsten. Man macht die Versuche mit sehr kleinen Quantitäten in äußerst dünnen, vom Glasbläser ausgezogenen Kugeln von höchstens einem Kubikzoll Inhalt und schützt seine Augen durch eine Brille mit sehr großen flachen Gläsern, im Uebrigen hat es keine Gefahr, denn sollte auch das Gesicht durch einen Glassplitter getroffen werden, so ist bei dem überaus dünnen Glase dies doch gänzlich gefahrlos.

Bei solchen Versuchen hat man bemerkt, daß auch noch außerhalb des violetten Lichtes, Strahlen von großer chemischer Wirksamkeit liegen müssen, die man nicht sieht, denn wo das violette Bild aufhört, da wo im verfinsterten Zimmer völlige Dunkelheit herrscht, da ist die Explosion wo möglich noch rascher als im violetten Lichte, so daß es also jenseits des Spectrums noch zwar nicht sichtbare, wohl aber wirksame Strahlen giebt.

Schwärzung des Chlorsilbers.

Chlor, Brom und Jod sind drei Elemente, welche außerordentlich empfindlich gegen Lichteindruck sind. Man kann sich hiervon leicht überzeugen. Salpetersaures Silber (Höllenstein) ist ein weißes Metallsalz, welches im Wasser leicht auflöslich ist. Mit solcher Auflösung tränkt man ein Blatt Papier, nach dem Trocknen wird dasselbe in eine Kochsalzauflösung getaucht, wodurch eine chemische Zersetzung und Verbindung eingeleitet wird. Das mit der Salpetersäure zu einem Salze verbundene oxydirte Silber wird von diesem getrennt und das Chlor des Salzes geht mit demselben eine Verbindung ein, das Papier wird dadurch mit einer freien Schicht Chlorsilber bedeckt, welche schneeweiß ist.

Auf dieses Chlorsilber übt das Licht den lebhaftesten Eindruck, dasselbe wird dadurch größtentheils reducirt und in Folge dessen geschwärzt und zwar, wenn man das Papier dem bloßen Tageslicht, wie es ohne directe Sonnenstrahlen in das Zimmer fällt, aussetzt, überall gleichmäßig, wenn man es ganz im Finstern erhält, gar nicht und wenn man es dem in Farben zerlegten Sonnenbilde aussetzt, nach den verschiedenen Schattirungen des Lichtes verschieden. Im Allgemeinen verdunkelt es sich im violetten Lichte am stärksten, im rothen am wenigsten, aber jede Farbe hat ihre eigenthümliche Wirkung. In rein violetten Strahlen (von den übrigen Strahlen durch ein Blech mit einer Oeffnung getrennt, welche nur einfarbiges Licht durchläßt) wird das Chlorsilberpapier röthlich braun, im reinen blauen Lichte erhält es eine blaue oder blaugraue Farbe, im gelben scheint es gar keine Veränderung zu erleiden, wenigstens bemerkt man nichts weiter als eine schwache, gelbliche

rbung; im rothen Strahle wird das Chlorsilber dagegen entschieden röth-
h und dies findet auch noch außerhalb des rothen Strahles, wie wohl
einem geringeren Grade, statt. Sind die angewendeten Prismen von
intglas, bei dem der gebrochene Strahl viel weiter aus einander geht und
e wärmenden Strahlen ganz außerhalb des Spectrums liegen, so ist die
thende Wirkung des gebrochenen Sonnenstrahles nicht innerhalb des rothen,
ndern außerhalb desselben, im Wärmespectrum am stärksten.

Wenn man zwei Prismen anwendet und ihre Strahlen so leitet, daß
r violette Strahl des einen mit dem rothen des andern zusammenfällt, so
rd unter dem Zusammenwirken der beiden Strahlen das Chlorsilber prächtig
rminroth, und bringt man Chlorsilberpapier, welches durch das Tages-
ht grau geworden ist, in diesen rothen Strahl, so scheint eine neue Oxydation
s der vorherigen Reduction vor sich zu gehen, denn das Grau wird im-
er blasser und endlich röthlich und verliert sich ganz.

Sehr merkwürdig ist — dem Umstande, daß helleres Licht diese Fär-
ungen viel schneller bewerkstelligt, gegenüber — die Erfahrung, daß die roth,
range, gelb und grün gefärbten Strahlen (mit Ausschluß der übrigen) durch
in Brennglas vereinigt, welche ein sehr lebhaftes die Augen schmerzendes
Sonnenbild geben, doch das Chlorsilberpapier selbst nach zwei Stunden langer
Einwirkung auf denselben Fleck nicht schwärzen. Die entmischende Kraft des
Lichtes liegt also sichtlich in dem blauen und violetten Strahle.

Dieselben Versuche kann man mit gefärbten Gläsern machen, es sind
ies immer solche, welche nur dem Lichte von einer Farbe den Durchgang
estatten und die andern ausschließen, daher die Wirkung dieselbe sein muß.
Seebeck, welcher diese Versuche auf das Sorgfältigste angestellt, fand, daß
nter violettem und blauem Glase das Chlorsilber geschwärzt wurde, mit
inem röthlichen Anstrich unter dem violetten Glase, mit einem bläulichen
nter dem blauen und fand ferner, daß gelbe Gläser das Chlorsilber fast
änzlich unverändert ließen, indeß die rothen ihm einen röthlichen Schimmer
aben, auch an der Luft grau gewordenes Chlorsilber heller und dann gelb-
lich oder röthlich färbten, was ganz mit denjenigen Veränderungen überein-
stimmt, welche durch das farbig gebrochene Licht erzeugt wurden.

Wenn man Chlorgas und Kohlenoxydgas mit einander mengt, so ver-
inigen sie sich im Lichte wie Chlorwasserstoffgas, langsam bei mildem Lichte, leb-
haft unter heftiger Explosion und Lichterscheinung bei Sonnenlicht oder sonstiger
tarker Helligkeit; es bildet sich Chloroxydgas oder dasjenige Gas, welches
an von seiner Leuchtkraft Phosgengas (Lichterzeugendes) nennt.

Wenn man Chlorgas in Wasser strömen, von demselben verschlucken läßt,
o hat hat man Chlorwasser und nichts weiter, wenn man dieses aber dem

Lichte aussetzt, so verbindet sich das Chlor mit einem Theile des im Wasse enthaltenen Wasserstoffgases zu Salzsäure und der nicht mehr gebunden Sauerstoff entweicht als Gas, man hat alsdann Salzsäure durch Wass verdünnt. Im Dunkeln wird Chlorwasser nicht zersetzt, dagegen findet ei Fortdauern der Zersetzung auch im Dunkeln statt, wenn sie einmal i Lichte begonnen hat, wenn das Licht dem Chlor diese Eigenschaft (die e ursprünglich nicht besitzt) mitgetheilt. Es thut dies keinesweges die Wärm der Sonne, sondern es sind die chemischen Eigenschaften der Lichtstrahle Solches Chlorgas, welches dem Lichte noch nicht ausgesetzt war, wird dur die bloße Erwärmung nicht befähigt, das Wasser zu zersetzen, das Licht i dazu unerläßlich, wiewohl alsdann Wärme die Zersetzung beschleunigt.

Auch wenn Chlor mit Kohlenwasserstoff und Wasser in Berührung i findet nur im Lichte Zersetzung statt. Aus dem Chlor und dem Wasserst des Wassers sowohl als des Kohlenwasserstoffes bildet sich Salzsäure, a dem Sauerstoff des Wassers und des Kohlenstoffs bildet sich Kohlensäu

Das Jod erleidet ähnliche Veränderungen wie Chlor, es verwan sich im Lichte unter den dazu erforderlichen Bedingungen in Hydrojodsä Stärkekleister durch Jod blau gefärbt, verwandelt sich durch Einfluß Lichtes, indem es sich mit dem Wasserstoff des Stärkemehls zu einer Sä verbindet — die blaue Farbe verwandelt sich dadurch in eine gelbe. Dunkeln findet diese Veränderung nicht statt.

Pflanzenfarben.

Ganz ähnliche Verwandlungen findet man bei den Blüthen oder Pflan farben. Die Pflanzenpigmente bestehen vorzugsweise aus Wasser- und Koh stoff. Unter dem Einfluß des Lichtes nehmen sie Sauerstoff aus der Atmosph ein; so bilden sich neue Verbindungen mit anderen Farben oder sie wer selbst farblos und dies ist der Bleichprozeß.

Wenn man durch Spiritus die schöne grüne Farbe aus den Blät des Kirschen- oder Fliederbaumes zieht, so bleibt diese Tinctur Mon Jahre lang, wenn man sie im Dunkeln stehen läßt, ganz unverändert, Lichte wird sie sehr bald blaß und im Sonnenschein wird sie selbst bei intensiver Färbung binnen 20 Minuten völlig farblos.

Zeuge, welche mit Safflor, Saffran, Gelbholz, Quercitron, Curcu ferner mit Brasilienholz, Blauholz, Wau und ähnlichen Substanzen gef sind, verbleichen im Sonnenlichte vollständig und es muß eine Säurebild vor sich gehen, denn die Zeuge werden morsch und brüchig. Ja, dies schieht mit weißen Zeugen, mit Seide, wenn sie als Rouleau oder Gart

raucht wird, so sehr, daß gegen Mittag gelegene Zimmer alle zwei Jahre neuem Seidenzeug versehen werden müssen. Zuletzt wird der Stoff so chig, daß er sein eigenes Gewicht nicht mehr trägt, daß er durch seine ne Last von der Gardinenstange abreißt, was auf der Schattenseite nach hrhunderten nicht geschieht.

Einzelne Pflanzenfarben werden durch farbiges Licht verändert. Löst n Guajak in Weingeist und färbt hiermit Papier gelb, so wird es im uen Lichte grün, im rothen Lichte bleibt es unverändert, grün gewordenes rd aber durch das rothe Licht wieder auf die gelbe Farbe zurückgeführt. e orangefarbige Aloetinctur wird hinter blauem oder violettem Glase nkelblutroth, rothe Strahlen verändern sie nicht.

Verschiedene Salze, deren Basen ihren Sauerstoff verhältnißmäßig leicht treten, werden öfters, wenn sie durch organische Substanzen, z. B. durch ther gelöst sind, unter dem Einflusse des Sonnenlichts desoxydirt, was h gewöhnlich durch Farbenveränderungen kund giebt. So wird die gel- e Lösung des schwefelblausauren Eisenoxydes, welche roth ist, entfärbt. ierher gehören auch die Lösungen des salzsauren Goldes und Platins in ther. Das gelbe salzsaure Uranoxyd in Aether gelöst, wird durch das ht zu grünem Uranoxydul desoxydirt.

Aufgelöstes oxalsaures Eisenoxyd läßt im Sonnenlichte Eisenoxydul unter bindung von Kohlensäure fallen. Iridiumsalmiak erleidet unter Mitwir- ng von Oxalsäure gleichfalls Veränderungen, wenn es dem Lichte ausge- t ist. Salze, welche Krystallwasser enthalten, verlieren dasselbe im onnenlichte schneller als im Dunkeln, hinter blauem Glase viel schneller s hinter rothem. Reine concentrirte Salpetersäure wird durch das Licht eichfalls in Sauerstoff und salpetrige Säure zersetzt und färbt sich gelb er orange. Auch hier macht die Farbe des Glases einen Unterschied — tritt die Zersetzung hinter weißem und blauem Glase ein, hinter gelbem d rothem nicht.

Weil viele der chemischen Wirkungen des Lichtes auch ohne dieses ein- ten, wenn man die Substanzen oder Lösungen auf 150 bis 200 Grad C. ht, so hat man geglaubt, daß die Wärme des Sonnenlichts das haupt- chlich Wirksame sei; allein erstens ist die Temperatur, welche das Sonnen- ht in seiner gewöhnlichen Art hervorbringt um 120 bis 180 Grad zu rig, ferner müßten die chemischen Wirkungen des Lichtes am stärksten im then Strahle sein, welcher der wärmste ist, da sie doch im Gegentheil in esem gerade am schwächsten sind.

Der Engländer Draper hat die Resultate sehr zahlreicher Experimente n folgenden wenigen Sätzen zusammengedrängt, welche recht eigentlich die

chemiſche Wirkſamkeit des Lichtes, als einer chemiſchen Subſtanz zu weiſen.

„Wenn ein Strahl durch eine Auflöſung hindurch geht, welche v dieſen Strahl verändert wird, ſo verliert der hindurch gegangene Strahl ſ verändernde Wirkſamkeit in demſelben Grade, in welchem er die Subſta verwandelt hat.

„Solche Strahlen, die nach vollzogener Einwirkung durch das Me hindurchgegangen ſind, gehen nun durch eine zweite Portion derſelben ſtanz hindurch, ohne auf ſie zu wirken; war in der erſten Portion die chemiſche Kraft des Lichtes abſorbirt, ſo findet durch das hindurchgegan nun nicht mehr zerſetzende, ſondern ſelbſt zerſetzte Licht auch nicht di ringſte Wirkung ſtatt.“ Endlich hat ſich durch Draper's Unterſuch ergeben, daß Lichtſtrahlen, welche beim Eintritt in einen Körper abſ werden, nicht hindurchgehen, ſondern dazu angewendet werden, die chemi Eigenſchaften des durchwandelten Körpers zu verändern.

Göthe's ſchöne Ausſprüche.

Wir ſehen hieraus, daß das Licht durchaus etwas Körperliches ſein u es bewirkt Veränderungen, welche ohne eine ſolche Annahme nicht ge werden können. Es zerſetzt Körper und wird durch dieſe zerſetzt, es v dert Farben und wird durch dieſe verändert, es färbt und wird in F zerlegt, „Farben ſind Thaten des Lichtes, Thaten und Leiden“, wie G ſagt, in dieſem Sinne können wir von denſelben Aufſchlüſſe über das erwarten.

Farben und Licht ſtehen zwar unter einander in dem genaueſten hältniß, aber wir müſſen uns beide als der ganzen Natur angehörig d denn ſie iſt es ganz, die ſich dadurch dem Sinne des Auges beſo offenbaren will. Eben ſo entdeckt ſich die Natur einem andern Sinne; ſchließe das Auge, man ſchärfe das Ohr und vom leiſeſten Hauche bis wildeſten Geräuſch, vom einfachſten Klang bis zur höchſten Zuſammen mung, von dem heftigſten, leidenſchaftlichen Schrei bis zum ſanfteſten der Vernunft iſt es nur die Natur, die ſpricht, ihre Kraft, ihr Leben ihre Verhältniſſe offenbart, ſo daß ein Blinder, dem das unendlich bare verſagt iſt, im Hörbaren ein unendlich Lebendiges faſſen kann.

So ſpricht die Natur hinabwärts zu anderen Sinnen, zu bekan verkannten, unbekannten Sinnen, ſo ſpricht ſie mit ſich ſelbſt und uns tauſend Erſcheinungen. Dem Aufmerkſamen iſt ſie nirgends todt, ſtumm, ja dem ſtarren Erdkörper hat ſie einen Vertrauten zugegeben,

Metall, an dessen kleinsten Theilchen wir dasjenige, was in der ganzen Masse vorgeht, gewahr werden sollen.

So mannigfaltig, so verwickelt uns oft diese Sprache erscheinen mag, o bleiben ihre Elemente doch immer dieselben. Mit leisem Gewicht und Gegengewicht wägt die Natur hin und her und so entsteht ein Hüben und Drüben, ein Oben und Unten, ein Zuvor und Hernach, wodurch alle die Erscheinungen bedingt werden, die uns im Raum und in der Zeit entgegen eten. Diese allgemeinen Bewegungen und Bestimmungen werden wir auf e verschiedenste Weise gewahr, bald als einfaches Abstoßen und Anziehen, ld als aufblickendes und verschwindendes Licht, als Bewegung der Luft, s Erschütterung des Körpers, als Säuerung und Entsäuerung, jedoch immer s verbindend und trennend, das Dasein bewegend und irgend eine Art n Leben befördernd.

Dieses rege Leben in der ganzen Natur, dieses unaufhörliche Walten d Wirken der verschiedensten Kräfte gegenseitig auf einander und auf nderes, Aeußeres, ist in ältesten Zeiten gar nicht und seit dem Erwachen r Wissenschaften nur wenig beachtet worden und darum hatte man auch ine Sprache dafür, wie man keine Erfahrung darüber hatte. Der größte elehrte seiner Zeit, vielleicht aller Zeiten, dem wir die Entdeckung der ichtigsten, durchgreifendsten Gesetze, nach denen die Naturkräfte wirken, ver- nken, Newton, seinem Zeitalter weit vorangeeilt, vermochte, weil es ihm t den Thatsachen fehlte, doch die Natur selbst nicht zu erkennen, daher ch seine Theorie des Lichtes, so mathematisch scharf noch bis auf diese tunde Alles in Hinsicht auf die Bewegung des Lichtes, die Strahlung, rechung, Spiegelung ꝛc. Gesagte ist, in ihrem physikalischen Theile unrichtig ist, d es erscheint thöricht, jetzt noch an derselben zu hängen, Alles darnach klären zu wollen.

Göthe hat in seinen Ansichten vom Decken des Hellen durch das unkle und des Dunklen durch das Helle wohl auch den Nagel nicht auf n Kopf getroffen, mit seiner Betrachtung über die Newton'sche Farben- eorie aber das Geistreichste gesagt, was jemals darüber ausgesprochen orden ist.

Er vergleicht dieselbe mit einer alten Burg, welche von dem Erbauer gelegt, nach dem Bedürfniß der Zeit und der Umstände jedoch nach und ach von ihm erweitert und ausgestattet, nicht weniger beim Anlaß von hden und Feindseligkeiten immer mehr befestigt und gesichert worden.

So verfuhren auch seine Nachfolger und Erben. Man war genöthigt, as Gebäude zu vergrößern, hier daneben, dort daran, da hinaus zu bauen;

genöthigt durch die Vermehrung innerer Bedürfnisse, durch die Zudringlichkeit äußerer Widersacher und durch manche Zufälligkeiten.

Alle diese fremdartigen Theile und Zuthaten mußten wieder in Verbindung gebracht werden durch die seltsamsten Gallerien, Hallen und Gänge. Alle Beschädigungen, es sei von Feindeshand oder durch die Gewalt der Zeit, wurden gleich wieder hergestellt; man zog, wie es nöthig ward, tiefere Gräben, erhöhte die Mauern, Erker und ließ es nicht an Thürmen und Schießscharten fehlen. Diese Sorgfalt, diese Bemühungen brachten ein Vorurtheil von dem hohen Werthe der Festung hervor, und erhielten es, obgleich Bau- und Befestigungskunst die Zeit über sehr gestiegen waren und man sich in anderen Fällen viel bessere Wohnungen und Waffenplätze einzurichten gelernt hatte. Vorzüglich aber hielt man die alte Burg in Ehren, weil sie niemals eingenommen worden, weil sie so manchen Angriff abgeschlagen, manche Befehdung vereitelt und sich immer als Jungfrau gehalten hatte. Dieser Name, dieser Ruf dauert noch bis jetzt (so schrieb Göthe im Jahre 1810, er hätte auch noch anno 1826 so schreiben können, denn noch damals erklärten Gelehrte, wie Fischer und Schubert, die Newton'sche Lehre für unantastbar, obschon Frauenhofer's Versuche und die Polarisation des Lichtes nicht mehr durch dieselbe zu erklären waren), Niemandem fällt es auf, daß der alte Bau unbewohnbar geworden. Immer wird von seiner vortrefflichen Dauer, von seiner köstlichen Einrichtung gesprochen, Pilger wallfahrten dahin, flüchtige Abrisse zeigt man in allen Schulen herum und empfiehlt sie der empfänglichen Jugend zur Verehrung, indeß das Gebäude leer steht, nur von einigen Invaliden bewacht, die sich ganz ernsthaft für gerüstet halten.

Es ist also hier nicht die Rede von einer langwierigen Belagerung oder einer zweifelhaften Fehde, wir finden vielmehr jenes achte Wunder der Welt schon als ein verlassenes, Einsturz drohendes Alterthum und beginnen sogleich vom Giebel und Dach herab es ohne weitere Umstände abzutragen, damit die Sonne doch endlich einmal in das alte Ratten- und Eulennest hineinscheine und dem Auge des verwunderten Wanderers jene labyrinthisch unzusammenhängende Bauart, das enge Nothdürftige, das zufällig Aufgedrungene, das absichtlich Gekünstelte, das kümmerlich Geflickte offenbare. Ein solcher Anblick ist aber alsdann nur möglich, wenn eine Mauer nach der andern, ein Gewölbe nach dem andern fällt und der Schutt, so viel sich thun läßt, auf der Stelle hinweggeräumt wird.

Ansichten über das Licht.

Untersuchen wir den jetzigen Standpunkt unseres Wissens über das
ht, so tritt uns mit großer Ueberzeugung die Wahrheit dessen entgegen,
s hier gesagt worden. Die alte Burg ist gegen die Angriffe der neueren
it nicht mehr haltbar, so lange man mit Bogen und Pfeilen schoß und
s schwerste Geschütz der Widder war, den 20 Mann gegen die Mauer
gen, ging es, allein seit man 100pfündige Paßkugeln im Kernschuß und
0pfündige Bomben im Bogen wirft, hat der Scherz aufgehört.

Kein Mensch kann die Newton'sche Farbentheorie mehr anders als
torisch vortragen, so wahr und unerschütterlich auch seine Optik immer sein
b bleiben wird; hier handelt es sich um Linien und Winkel, um mathe-
tische, dort um physikalische und chemische Eigenschaften, deren Entdeckung
die neueste Zeit fällt. So ist es mit dem Gegenstande, welcher uns
iter beschäftigen wird; mit der Photographie. Wenn nun Newton die
nigen physikalischen Eigenschaften des Lichtes, welche damals bekannt
ren, in den Bereich der mathematischen Berechnung ziehen wollte, so
gte er nur, daß er den Gegenstand nicht richtig aufgefaßt hatte.

Newton hält das Licht für einen Ausfluß der Sonne; unaufhörlich
jen leuchtende Theilchen von der Sonne und zwar von jedem Punkte aus,
theilen sich strahlenförmig nach allen Richtungen, so daß vom linken
nde der Sonne Strahlen nach rechts und nach links, nach oben und nach
ten, vom rechten Rande der Sonne aber eben so Strahlen nach rechts
d nach links, geradeaus, nach oben und nach unten gehen ꝛc. Diese
rahlen, welche erleuchten und beleuchten, sind Stückchen, Splitterchen
nne; man hatte nicht übel Lust, dasjenige, was man in einem staubigen
mmer umherfliegen sieht, wenn die Sonne ihre Strahlen durch das
nster sendet, die Sonnenstäubchen, wie der Sprachgebrauch sie nennt, für
se Sonnensplitterchen zu halten.

Solche Thorheiten lehrte allerdings Newton nicht, allein seine Defi-
ion des Lichtes war keine andere als die: „es bestehe aus von der Sonne
sgehenden Theilen", daher auch der Name seines, des „Emanations-
stems".

Es war durch Olof Römer entdeckt worden, daß die Verfinsterungen
r Jupiterstrabanten später eintraten, als die Berechnung sie festsetzte, wenn
ährend der Zeit von einer Beobachtung zur andern die Erde sich vom
piter entfernte; daß hingegen dieselben früher eintraten, wenn die Erde
h in ihrer Bahn dem *Jupiter näherte*. Der Unterschied der Entfernungen

kann 42 Millionen Meilen betragen, nämlich den ganzen Durchmesser der Erdbahn, indem im Falle der größten Nähe die Erde zwischen Jupiter und Sonne steht, im Falle größter Entfernung aber die Sonne zwischen Erde und Jupiter befindlich ist.

Es ward dadurch bewiesen, daß Licht zu seinem Wege Zeit brauche. Weil nun Schwere, Adhäsion, Magnetismus, Elasticität keine Zeit brauchen, so sagte man: Licht ist keine Kraft wie diese, sondern ein Körper, welcher wandert und zur Zurücklegung seines Weges Zeit braucht.

Diese Zeit ist aber sehr gering, sie beträgt für einen Weg von 40,000 Meilen nur eine Secunde und mit dieser Entdeckung war für Newton's Hypothese sehr viel gewonnen, denn es werden damit gewaltige Einwendungen aus dem Felde geschlagen. Man sagte, von jedem sichtbaren Gegenstande gehen Lichttheilchen aus. Wenn man mit einer feinen Nähnadel ein Loch in ein Kartenblatt sticht, so sieht man, dasselbe dicht vor das Auge haltend, eben so viel als mit freiem Auge, man sieht Alles, was im Bereich des Auges liegt; es müssen demnach von allen Punkten aller sichtbaren Gegenstände Strahlen ausgehen und alle diese sollen sich in der Oeffnung des Kartenblattes kreuzen, ohne sich zu verwirren, zu stoßen?

Newton erwidert: erstens sind die Lichttheilchen unendlich fein, Millionen derselben können gleichzeitig durch die Oeffnung gehen, ohne sich zu stoßen, dann aber sind die Lichttheilchen 10- bis 20,000 Meilen weit von einander entfernt, wie viele verschiedene können bei ihrer unendlichen Feinheit hinter einander durch dieselbe Oeffnung gehen, ehe ein zweites Lichttheilchen, auf dem Wege des ersten nachfolgend, ein anderes Lichttheilchen trifft und stößt.

Um diese Behauptung zu bewahrheiten, hat man Versuche genug angestellt. Man sagt: die Dauer eines Lichteindruckes auf die Netzhaut des Auges beträgt $\frac{1}{2}$ Secunde. Herr v. Segner, ein Physiker aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts läßt eine glimmende Kohle an einem Bindfaden schwingen und aus der Geschwindigkeit, mit welcher er die Kohle schwingen muß, damit sie, die doch immer nur an einem einzigen Punkte steht, aussehe wie ein ganzer, feuriger Kreis, berechnet er, wie weit die Lichttheilchen aus einander sein dürfen, um bei ihrer großen Geschwindigkeit doch wie zusammenhängende Strahlen auszusehen, allein nimmt man auch nur $\frac{1}{10}$ Secunde an, nicht $\frac{1}{2}$ (indessen d'Arcy die Dauer des Lichteindruckes gar auf 2½ Secunde schätzt), so können doch die Lichttheilchen noch in gewaltigen Entfernungen von einander stehen, denn in dieser Zeit beschreibt das Licht einen Weg von 4000 Meilen, d. h. von ungefähr fünfmal dem Halbmesser der Erde, also können die Lichttheilchen um fünf Erdhalbmesser von einander *entfernt* stehen und dennoch als zusammenhängende Strahlen erscheinen.

Stoß der Lichttheilchen.

Im Ausflicken der alten Burg waren die Handlanger der Wissenschaft r eifrig. Das Licht geht außerordentlich schnell, so muß es doch einen toß ausüben, wenn es auch noch so klein ist. Eine Flintenkugel, durch e gewisse Masse Pulver getrieben, macht eine bestimmte Wirkung, sie rchbohrt ein Brett; eine eben so große Quantität von grobem Schrot, durch selbe Menge Pulver getrieben, macht eine geringere, aber doch immer e Wirkung; ganz feines Schrot tödtet noch einen kleinen Vogel, zuletzt rd man Hirsekörner nehmen dürfen und doch noch eine sehr schmerzhafte npfindung haben, wenn dieselben, durch einen Flintenschuß getrieben, die nd treffen.

Was ist nun aber die Geschwindigkeit eines Schrotschusses im Ver- ich mit der Geschwindigkeit des Lichtes! Aber freilich sind auch die Licht- ilchen sehr viel feiner; und doch müßte, wenn sie auch noch so fein wären, rmöge der übermäßigen Geschwindigkeit eine Wirkung da sein.

Man hat denn auch richtig eine solche gefunden. Mairan und i Fay haben sich hiermit zwar vergebliche Mühe gegeben, allein Maquer, omberg und Mitchell ist es doch gelungen, leichte Körper in Bewegung setzen. Der Versuch des Letzteren ist beinahe komisch zu nennen; rieſtley erzählt denselben in seiner Geschichte der Optik.

Eine Klaviersaite trug an einem Ende ein sehr feines Blättchen Kupfer d war in der Mitte nach Art der Magnetnadeln auf ein Achathütchen setzt. Diese kleine Vorrichtung war in einen Glaskasten gestellt und da- rch gegen jede Zugluft geschützt. Ein Hohlspiegel war so gestellt, daß n Brennraum auf die Stelle fiel, auf welcher das Kupferblättchen sich fand. Ein Schirm schützte die Vorrichtung vor unzeitiger Berührung durch : Sonnenstrahlen. Wenn nun der Apparat zusammengesetzt war und voll- mmen in Ruhe stand, zog man plötzlich den Schirm weg und augenblicklich af die ganze concentrirte Masse von Strahlen die kleine empfindliche kaage, es stellte sich auch sofort eine Bewegung von der Geschwindigkeit nes Zolles in einer Secunde ein.

Da die ganze Vorrichtung nicht mehr als 10 Gran wog, so berechnete rieſtley, daß die Masse des in einer Secunde auf das Kupferblättchen llenden concentrirten Lichtes nicht mehr als ein Zwölfhundertmilliontheilchen ines Grans gewogen habe.

Nun, es ist doch Etwas, man weiß doch, wie viel Licht etwa wiegt; ierans und aus ähnlichen Thorheiten (die jedoch damals für große Weisheit

galten) hat man gefolgert und namentlich hat Prieſtley aus den Mitch
ſchen Verſuchen errechnet, daß jeder Quadratfuß der Sonnenoberfläche bi
eines Tages nicht mehr als zwei Gran verliere, wodurch der Halbm
der Sonne, wenn ſie nur die Dichte des Waſſers hätte, binnen 6000 Ja
nicht um mehr als etwa um 10 Fuß kleiner werden würde.

Man hat auch gefragt, wo das ausgeſendete Licht bleibe und hat
widert, daß es theils von den ſichtbaren Körpern zurückgeſendet, theils
abſorbirt und verändert würde.

Doch machte Alles dieſes den Leuten ſo viel zu ſchaffen, daß B
unter die frommen Wünſche rechnet, daß man ſich bloß mit den mathe
tiſchen Geſetzen des Lichtes beſchäftigen möge und es ſehr bedauer
findet, daß man auch die phyſiſchen Eigenſchaften betrachte, ja ſogar le
aufſuche.

Klarere Anſichten.

Es ging denn auch in Folge ſolcher vernachläſſigter Unterſuchung
phyſikaliſchen Eigenſchaften ziemlich traurig damit, obwohl merkwürdig ge
zu drei verſchiedenen Perioden des Alterthums und der neueren Zeit
Wahre wenigſtens geahnt, theilweiſe klar ausgeſprochen iſt, nämlich du
Ariſtoteles, durch Des Cartes und durch Euler und es fehlte we
daß der Letztere noch den Triumph ſeiner Theorie erlebte.

Ariſtoteles drückt ſich in ſeinem Werke de mente II. 7 ſo aus,
ob er das Licht für eine Bewegung in irgend einem Zwiſchenmittel hie
Das Licht, ſagt er, iſt etwas Durchſichtiges, aber nicht für ſich, ſond
durch die Wirkung eines andern Dinges. Die Farbe bewegt das Du
ſichtige und dieſes als etwas Zuſammenhängendes, bewegt den fühlen
Sinn. Das Auge kann nicht von der Farbe unmittelbar berührt werd
es muß ein Mittel da ſein, für den Schall iſt es die Luft. Das Licht
kein Feuer, kein Körper, auch kein Ausfluß eines Körpers, ſondern die
genwart eines ſolchen Dinges in dem Durchſichtigen, wie der Schall
der Luft.

Sind dieſe Worte nicht rein zufällig zuſammengekommen, wie die Ste
in Gellert's Fabel, ſo iſt darin der Gedanke nicht zu verkennen,
welchem die ganze jetzige Phyſik hinſichtlich der Fortpflanzung des Lich
ausgeht.

Des Cartes erfüllt nun ſchon, ganz entſchieden ausgeſprochen,
Weltraum mit den vollkommen elaſtiſchen Kügelchen ſeines zweiten Elemen
mit dem Aether. Die Sonne und die leuchtenden Körper beſtehen aus

Theilchen seines *ersten* Elements. Diese leuchtenden Körper sind nach ihm in einer beständigen, zitternden Bewegung. Durch diese werden die Theilchen (Kügelchen) des zweiten Elements gestoßen und da es zwischen denselben keinen leeren Raum giebt (wie die Luft auch überall ist, wo sie Zutritt hat, nicht hier ein Lufttheilchen, dann ein Zoll Zwischenraum, dann wieder ein Lufttheilchen, sondern *überall* Luft vorhanden ist), sondern immer ein Aetherkügelchen das andere auf das Genaueste berührt, so pflanzt sich die erhaltene Erschütterung, der Anstoß durch alle geradlinigen Reihen dieser Kügelchen in einem Augenblicke fort, wie auch das vorderste Ende eines Stabes in demselben Augenblicke weiter rückt, in dem das letzte Ende angestoßen, bewegt wird.

Einwendungen sind genug gegen diese Ansicht gemacht worden, als z. B.: solche geradlinigen Kugelstäbe ließen sich gar nicht denken und die geringfügigste Bewegung werde sie in Unordnung bringen; ferner: berührten sich die Kügelchen des Aethers, so brauchte die Fortpflanzung des Lichtes gar keine Zeit — was gegen die Beobachtung wäre, da es doch wirklich Zeit erfordere — wären Zwischenräume vorhanden, so würde die Fortpflanzung des Lichtes viel langsamer von statten gehen.

Man hätte statt gelehrter Speculationen Versuche machen sollen, so würde sich Vieles anders gestaltet haben. Wie wir die Sache jetzt betrachten, müssen wir sagen: *Cartesius* hatte vollkommen Recht, gerade so wie er es sagte, so ist es; daß er bei den höchst mangelhaften Werkzeugen der damaligen Zeit nicht im Stande war, etwas zum Beweise seiner Hypothese zu thun, ist begreiflich, daß aber solche Einwendungen gemacht wurden, wie die eben angeführten über die momentane oder nicht momentane Verbreitung, ist nicht so leicht begreiflich. Eine Reihe von Kugeln aus einem elastischen Körper, Elfenbein, Stahl, pflanzt der Stoß fort in einer Geschwindigkeit, welche seiner Elasticität proportional ist. Der Stoß, welchen die Luft erhält (durch den Schall z. B.), wird in einer Secunde auf 1000 Fuß fortgepflanzt, im Wasser auf 4000 Fuß, also ist das Wasser viermal so elastisch als Luft, im Stahl auf 16,000 Fuß, im Tannenholz auf 18,000 Fuß, also ist jener 16, dieses 18 Mal so elastisch als Luft. Nun wird der Anstoß, den wir Licht nennen, im Aether 40,000 Meilen weit in einer Secunde fortgepflanzt, so ist also dies der Ausdruck der Elasticität des Aethers. Luft, Wasser, Stahl, Holz, Aether sind in zunehmender Reihe elastisch; *vollkommen* elastisch ist aber auch der Aether nicht, denn falls er dies wäre, dann müßte er zur Fortpflanzung des Lichtes gar keine Zeit brauchen. Das ist es, was die Gegner der *Cartesius*'schen Hypothese im Sinne haben, wenn sie von den Zwischenräumen sprechen, die zwischen den Aethertheilchen

sein müßten und welche eine langsamere Propagation des Lichtes bewirken würden. Sie vergessen, daß es Grade von Kräften giebt, und daß ein Körper mehr oder minder hart, elastisch, weich ꝛc. sein könne.

Huyghens faßt die Sache schon viel tiefer auf, er läßt das Licht sich in wellenförmigen Schwingungen fortbewegen und zwar in einer Richtung, welche senkrecht auf der Richtung der Schwingungen steht, genau so wie es die Versuche der neuesten Zeit ermittelt haben, man sollte mithin eher ihn als Euler den Schöpfer der Vibrations-Hypothese nennen, Euler selbst sagt auch nur, daß er die Hypothese des Huyghens weiter ausgebildet habe. Im Wesentlichen ist sie in den wenigen oben gegebenen Worten enthalten, doch müssen wir wohl noch Einiges dazu fügen, was zur Erklärung nöthig.

Der Aether.

Eine Hauptsache also ist: ein Körper, der den ganzen Weltraum erfüllt, der Aether. Unzweifelhaft ist Alles, was sich über diesen Körper sagen läßt, hypothetisch, allein eben so unzweifelhaft ist doch nachgerade sein Vorhandensein, denn seine Rückwirkung auf die Bahnen der Cometen beweist die Existenz desselben.

Newton, der die Aufstellung des hypothetischen Aethers verwirft, sagt doch deshalb nirgends, der Weltraum sei leer, im Gegentheile berechnet er, daß schon die Luft, wäre sie so großer Höhen über der Erde fähig, den Planeten keinen bemerkbaren Widerstand entgegensetzen würde. 200 Meilen von der Erde sei die Luft 75 Billionen Mal dünner als an der Erdoberfläche, und Jupiter kann in einem so dünnen Medium eine Million Jahre laufen, bevor er von der ihm innewohnenden Bewegung ein Milliontheilchen verlieren würde. Ja in einer späteren Auflage seiner Optik vom Jahre 1718 fragt sogar Newton selbst, ob nicht vielleicht die Erwärmung der Körper durch die Lichtstrahlen, die Brechung und Zurückwerfung des Lichtes, Schwere und viele andere Phänomene der Körperwelt durch eine elastische Materie erklärt werden können, deren Schwingungen 700,000 Mal schneller seien als die der Luft beim Schalle und die daher eine 490,000 Millionen Mal stärkere Elasticität besitze als die Luft; ob ferner nicht die Wärme den luftleeren Raum mit Hülfe eines weit feineren Mittels durchdringe; ob nicht die Zurückwerfung des Lichtes von der verschiedenen Dichtigkeit dieses ätherischen Mittels herrühre. Diese Fragen beweisen deutlich, daß Newton das Dasein einer solchen Materie keineswegs für unmöglich gehalten habe.

Euler aber geht weiter, er hält den Aether nicht für möglich, sondern

hält ihn für nothwendig, also für vorhanden und bestreitet Newton's ausgesetzte Annahme eines leeren Himmelsraumes, um die Planeten nicht ihren Bahnen zurückzuhalten, da er doch selbst in den Lichtkörpern einen genstand gesetzt habe, der nicht allein den Raum erfülle, sondern noch rdies eine heftige Bewegung habe, welche, verbunden mit der Körper- keit des Lichtes, gewiß die Planeten viel mehr hindern müsse als ein raus feiner, elastischer, aber ruhender Aether. In seinen Briefen an e deutsche Prinzessin nennt Euler diese Ansicht Newton's etwas grob ch Art der Gelehrten damaliger Zeit): „ein trauriges Beispiel mensch- er Weisheit, die, um einer Schwierigkeit auszuweichen, oft auf eine t größere Thorheit verfällt."

Euler macht sich von dem Aether, der ihm zu seiner Theorie vom hte nothwendig ist, die Vorstellung, daß derselbe eine höchst feine, flüssige aterie sei und vermöge seiner Elasticität die Himmelsräume sowohl als Zwischenräume der Körper erfülle, er erklärt durch die Schwingungen selben sowohl das Licht als die Farbe und viele andere Phänomene in Natur. Der Beifall, den die Euler'sche Theorie des Lichtes unter i Naturforschern gefunden, hat auch diesen Ideen vom Aether eine fast gemeine Verbreitung gegeben und in der That kann man eben so wenig gen die Wahrscheinlichkeit des Daseins einer solchen Flüssigkeit einwenden, man unmittelbare Beweise dafür anführen kann. Daß die Himmels- ume nicht leer sind, daß selbst im luftleeren Raume etwas weit Feineres die Luft vorhanden sein müsse, läßt sich gar nicht läugnen; daß man s Etwas Aether nenne, dagegen läßt sich nichts einwenden, wenn man r zugleich zugesteht, daß wir nicht viel von diesem „Etwas" wissen.

Die neueste Zeit hat über das muthmaßliche Vorhandensein des Aethers ch Aufschlüsse gegeben, welche geeignet sind, die Zweifel hierüber zu be- tigen. Es giebt nämlich Kometen von sehr kurzer Umlaufszeit. Durch nke und Biela entdeckt und nach ihnen benannt, durchkreuzen zwei kleine meten die Bahnen der Planeten vom Merkur bis zum Mars und sie hren alle vier und fünf Jahre wieder. Diese Kometen verkleinern immer- rt ihre Bahnen, verkürzen in Folge dessen ihre Umlaufszeiten und ver- ngern auch ihre Excentricität, d. h. ihre elliptischen Bahnen werden immer irzer, immer mehr einem Kreise ähnlich, ganz wie es bei einem Widerstand istenden Mittel sein muß.

Brandes hat aber noch die Bemerkung gemacht, daß der Kometen- hweif gar nicht die Richtung hat, welche ihm nach der Bewegung des ometen um die Sonne zukommt, sondern daß der Schweif immer nter dieser Richtung (welche eigentlich so sein müsse, als würde aus der

Mitte der Sonne durch die Mitte des Kometen eine Linie gezogen, in deren Verlängerung der Kometenschweif liegt), die ihm zukommt, zurückbleibt. Dies kann nun daher kommen, daß, wenn der Komet wegen seiner geringen Masse schon einen Widerstand durch den Aether erfährt, der Kometenschweif, der ja in jedem Falle eine noch viel geringere Dichtigkeit hat als der Körper selbst, einen noch viel größeren Widerstand erfährt.

Ganz unwahrscheinlich ist es wenigstens nicht, daß ein solcher Widerstand, zumal in den Gegenden, wo die Kometen sich in ihrer Sonnennähe befinden, stattfinde, denn das Thierkreislicht, welches aus einer das Licht in bedeutenden Massen zurückwerfenden Materie zu bestehen scheint, erfüllt den Raum, worin die Kometen sich alsdann bewegen und es ist also wohl möglich, daß die Dichtigkeit dieser Materie, gegen die der Kometen gehalten, keineswegs als verschwindend zu betrachten wäre.

Man hat gegen die Existenz des Aethers eingewendet, daß er (ein Körper) doch bei großen Entfernungen, welche das Licht innerhalb seiner zu durchlaufen habe, das Licht schwächen, seinem Durchgange einen Widerstand entgegensetzen müsse. Hierüber stellt Olbers, Arzt in Bremen, berühmt durch die erste Entdeckung der Planetoiden zwischen Mars und Jupiter, so schöne Betrachtungen an, daß wir dieselben im Auszuge mittheilen.

Beweise für das Vorhandensein des Aethers.

Wenn schon Herschel's Teleskope uns mit Gegenständen bekannt gemacht haben, welche vielleicht Tausende von Siriusfernen von uns entfernt sind, so dürfen wir doch nicht glauben, den Grenzen des Weltalls dadurch merklich näher gekommen zu sein, denn die Werke der Allmacht sind nicht in eine Grenze eingeschlossen, welche unserem Geiste übersehbar ist, Tausende von Siriusfernen sind nichts besonders Großes gegen das Weltall.

Denken wir uns nun bis in's Unendliche hinaus immer Sonne über Sonne, so kann es keinen Punkt am Himmel geben, der nicht einen Stern darböte und wenn von allen das Licht ganz ungeschwächt zu uns gelangte, so müßte das ganze Himmelsgewölbe so leuchtend als die Sonne erscheinen. Einen solchen, den Himmel fast gleichförmig bedeckenden Glanz beobachten wir bekanntlich nicht, aber dies ist kein Grund, die Unendlichkeit des Weltalls zu verwerfen, sondern es zeigt uns nur, daß der Weltraum nicht absolut durchsichtig sei.

Olbers stellt nun eine Berechnung an, wie das Licht des Sirius abnehmen müsse in einer 100fachen, in einer 1000fachen Entfernung und er nimmt dabei an, daß es auf seinem Wege zu uns um $\frac{1}{800}$ seiner ganzen

kraft geschwächt werde. Die Annahme ist ganz willkürlich, er hat daher eine Beweiskraft, allein etwas viel näher liegendes hat Olbers übersehen und nicht an den schönen orientalischen Spruch gedacht:

„Schweife nicht in die Ferne, um Nahes zu ergründen,
Greife nicht nach den Sternen, um ein Licht anzuzünden."

Er hat einen Beweis des Verlustes der Leuchtkraft ja an dem uns nächst liegenden Fixsterne, an der Sonne. Welche Leuchtkraft hat sie im Vergleich mit dem Sirius, der doch sehr viel größer ist als die Sonne, und wodurch leuchtete denn der große Sirius weniger als die kleine Sonne, wenn nicht durch die Verluste, welche er auf seinem langen Wege durch den Aether erleidet.

Ein sehr sonderbares Argument führt Cornelius an, welches die Nichtexistenz des Aethers beweisen soll. Das Licht, sagt er, besteht aus sieben (sechs) Farben, jede Farbe hat eine andere Bewegungsgeschwindigkeit, wenn nun Aether da wäre, so müßte irgend ein ferner Stern, namentlich ein solcher, welcher Lichtwechsel hat, uns nach einander roth, gelb, grün, blau, violett erscheinen, da dies jedoch nicht der Fall, so findet eine solche Zerlegung des Lichtes nicht statt. Er vergißt, daß der Stern uns ja nicht einen Augenblick scheint, sondern dauernd. Im ersten Falle wäre es möglich, daß Licht in verschiedenen Farben zu uns käme und daß der momentane Lichtblitz in einem Schein von vielleicht stundenlanger Dauer, verschiedenen Schattirungen und Farben zu uns gelangte, im andern Falle aber, d. h. in dem vorliegenden, da die Sterne nicht momentane, sondern dauernde Erscheinungen sind, so kann dies durchaus nicht stattfinden; die Sterne nämlich senden immerfort Licht aus, dasselbe trennt sich durch die Länge des Weges und von der ersten Portion kommt blaues Licht später an als rothes, allein von der zweiten ausgesendeten Portion kommt gelbes Licht mit dem blauen zugleich an, von der dritten Portion aber trifft das noch schneller gehende rothe Licht mit dem am langsamsten gehenden blauen der ersten und den mittleren Gang habenden gelben der zweiten Portion gleichzeitig an, und diese drei farbigen Lichte compensiren sich wieder zu weißem, zu farblosem Lichte.

Weg des Lichtes.

Einen Aether vorausgesetzt, welcher nach unzähligen überzeugenden Versuchen mit dem Lichte gar nicht mehr hinweggeläugnet werden kann, dessen Eigenschaften wir jedoch lange noch nicht vollständig kennen, geht das Licht seinen Weg, nicht wie die Emanationstheorie Newton's voraussetzt, von

dem leuchtenden Körper, selbst körperlich und als ein Theil, ein Ausfluß desselben geradlinig sich fortbewegend zu dem erleuchteten, sondern der leuchtende Körper, selbst in zitternder Bewegung, setzt den Aether ringsum gleichfalls in zitternde Bewegung, verursacht in dem Aether Wellen, wie ein Stein, welcher in das Wasser fällt.

Hält man dies Bild fest und schneidet man nun in Gedanken aus einer solchen kreisförmigen, Wellen schlagenden Wasserfläche einen Streifen heraus, von dem Mittelpunkte nach der Peripherie gehend, so hat man auch das Bild eines Lichtstrahls und seiner Fortpflanzung. Der Lichtstrahl geht nicht in der Linie von *A* nach *B*, sondern er geht von *a* nach *b* und

Fig. 306.

von *d* nach *e*; indem dieses Hin- und Herpendeliren des einzelnen Aethertheilchens das nächste berührt, mit in die Bewegung zieht, macht dieses zweite einen ähnlichen Weg und regt ein drittes an, dasselbe zu thun u. s. f. bis der ganze Weg von *A* nach *B* in der geschlängelten Linie und zwar von jedem einzelnen Aethertheilchen quer schwingend zurückgelegt ist.

Die Geschwindigkeiten, mit denen diese Aethertheilchen durch den Anstoß des Lichtes schwingen, sind verschieden und eben in der Verschiedenheit der Geschwindigkeit der Schwingungen liegt die Verschiedenheit der Farben, die kürzesten und schnellsten Lichtwellen sind diejenigen, welche in uns die Empfindung des violetten Lichtes erregen, die längsten Wellen, welche zugleich ihren Weg am langsamsten zurücklegen, erregen in uns die Empfindung des rothen Lichtes.

Die Zeit, in welcher die Bewegung vor sich geht, ist — wie wir bereits sagten — verschieden, allein um sie messen zu können, müssen wir uns erst über den Begriff der Wellenlänge vereinigen.

In der Fig. 306 schwingt ein jedes Aethertheilchen *ab* oder *cd* auf und ab und indem es nach einer Richtung geht, nimmt es seinen Nachbarn mit, dieser wieder den seinen u. s. f. Gesetzt die Bewegung habe in dem Punkte *c* der geraden Linie *AB* angefangen, als Alles in Ruhe war, und es sei nun das Hin- und Herschwingen senkrecht auf die Richtung von *AB* so fortgegangen, bis die sämmtlichen Aethertheilchen von *c* bis *f* jedes einmal eine Schwingung hin und zurück gemacht, so ist dieses eine Wellenlänge, wir haben also in unserer Zeichnung genau sieben Wellen-

ingen. Die Bewegung der Aethertheilchen geschieht ganz wie eine Pendelbewegung, sie fängt an mit der geringsten Geschwindigkeit, sie geht aus dem Zustande der Ruhe in Bewegung über, erreicht nach und nach einen Augenblick der schnellsten Bewegung, vermindert sich dann wieder bis zum Stillstand, kehrt von da mit beschleunigter Bewegung zurück u. s. w., gerade so wie wir eine an einem Ende hängende Kugel horizontal hin- und herschwingen sehen.

Die vorige Figur soll uns andeuten, wie etwa ein Lichtstrahl, den wir hier geradlinig halten, zu denken sei, in der nebenstehenden Figur wollen wir den Begriff der Wellenlänge und der entgegengesetzten Bewegungen der Aethertheilchen zu entwickeln suchen. AB ist der Lauf des Lichtstrahles, b ist ein Aethertheilchen, das nach b, und $b_{,,}$ schwingt.

Fig. 307.

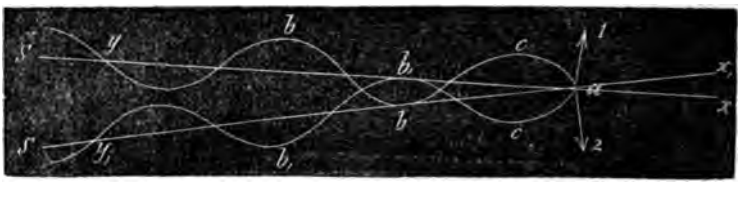
Hat es seine Bewegung abgegeben an die benachbarten Theilchen, bis bei c eine der ersten ganz correspondirende Bewegung entsteht, so ist hiermit eine Welle vollendet und die Wellenlänge bestimmt. Pflanzt sich die Bewegung nach d fort, so gilt für die Entfernung cd dasselbe, es ist eine zweite Wellenlänge; am Anfange steht die Sache so, daß b zuerst die Bewegung zurücklegt, dann c und während dieses seine erste Bewegung hin und her macht, ist b in der zweiten begriffen, nun kommt d zum ersten Male in Bewegung; während dies geschieht, kommt c zum zweiten und b zum dritten Male in Schwingung, nun aber, ob es die erste, zehnte oder hundertste Schwingung sei, sind alle diese Aethertheilchen gleichzeitig in einer Bewegung mit gleicher Richtung, d. h. wenn b nach b' geht, so geht c und d auch nach c' und d', eben so wie in demselben untheilbaren Augenblick, in welchem d zurückkehrt von d' nach d'', auch c und b von c' und b' zurückkehrt, um durch c und b nach c'' und b'' zu gelangen. Die Schwingungen sind nicht nur gleichzeitig, sondern auch in gleicher Richtung.

Wenn nun aber zwischen b und c ein Aethertheilchen f liegt, so wird dasselbe von unserer horizontalen Linie AB aufwärts zu steigen beginnen in dem Augenblick, in welchem b von b' abwärts sinkt. Solche Aethertheile haben nicht dieselbe Bewegung wie die andern, sondern eine vollständig entgegengesetzte, wie natürlich daraus hervorgeht, daß sie um eine halbe Wellenlänge von einander unterschieden sind.

Wir haben eben die Entfernung von b nach c oder von c nach d als

eine ganze Wellenlänge bezeichnet, wir können jetzt eine genauere Bezeichnung angeben und sagen, eine Wellenlänge ist derjenige Raum, in welchem alle darin enthaltenen Aethertheilchen auf eine völlig übereinstimmende Weise schwingen. Wenn in der Mitte einer solchen Entfernung eine neue Schwingungsursache hinzutritt und die Theilchen des Aethers gleichfalls zu Schwingungen veranlaßt, aus denen ein Lichtstrahl hervorgeht, so werden diese neuen Schwingungen gleichfalls ihre Wellenlängen für sich haben, die vielleicht ganz gleich den ersteren sind, allein die einzelnen Schwingungen werden nicht homogen mit den andern sein, sie werden dieselben kreuzen und dadurch aufheben, die Wirkung zweier Lichtstrahlen um eine halbe Wellenlänge von einander entfernt, ist Dunkelheit gerade wie die Wirkung zweier schwingenden Stäbe, welche einzeln einen deutlichen Ton geben, sich zur völligen Klanglosigkeit aufheben können, wenn ihre Schwingungen in verkehrter Ordnung auf einander folgen. Ein Gegenstand, über welchen wir bei Gelegenheit der Stimmgabeln auf S. 53 dieses Bandes und bei den Klangtafeln auf S. 45 gesprochen haben. Ganz wie dort durch die aufsteigende Wellen ein Ton erzeugt wird und durch die absteigenden auch, das Ohr denselben aber nicht hören kann, weil von dem Trommelfell verlangt wird dasselbe solle sich zugleich nach innen hinein und nach außen aus dem Ohr heraus bewegen, so auch soll bei zwei Lichtstrahlen, welche aus Quelle herrühren, die um eine halbe Wellenlänge (oder um ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge) von einander verschieden sind, die Netzhaut des Auges für beide vibriren, aber ihre Vibration für den einen derselbe nach oben richten in demselben Augenblick, in welchem sie von dem andern aufgefordert wird, nach unten zu rücken, beiden Verlangen kann sie nicht

Fig. 308.



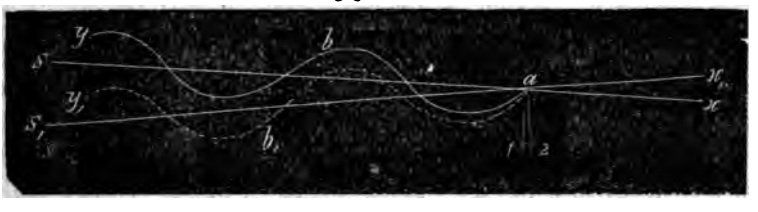
nachgeben, sie muß also in Ruhe bleiben und folglich machen beide Lichtstrahlen zusammenwirkend keinen Eindruck, indeß jeder einzelne einen solchen gemacht haben würde. Verdoppelung des Lichtes kann also Finsterniß erzeugen, wie Verdoppelung des Schalles Stille, wie zwei Wellen eine gerade Linie. Die Fig. 308 zeigt eine solche Anordnung zweier Strahlen Sx und S_1x, welche bei a zusammentreffen, allein der Weg von Sx durch $ybbc$ nach a ist dem anderen durch y, b, b, c, nach a gerade entgegengesetzt, beide

mmen in a an, der von S mit der Bewegung, die der Pfeil 2 andeutet, wärts, der andere mit der Bewegung des Pfeiles 1 aufwärts.

Es ist hier die Voraussetzung gemacht, daß die Lichtstrahlen um eine albe Wellenlänge von einander abweichen, ist dies nicht der Fall, so wird s Licht durch einen zweiten Strahl an Helligkeit gewinnen (der Ton durch n zweiten Ton verdoppelt, die Welle im Wasser zweimal so hoch werden).

Wir haben in Fig. 309 abermals die Lichtstrahlen $S\,x$ und $S,\,x,$ allein ihre Bewegung ist gleichsinnig, die ausgezogene Linie $y\,b\,a$ verläuft gerade wie ie punktirte Linie $y,\,b,\,a$ und da, wo beide in a zusammentreffen, bewegen e die Netzhaut nach derselben Richtung, wie die Pfeile 1 und 2 andeuten.

Fig. 309.



Die Verbreitung des Lichtes von einem Punkte ringsum ist auf gar eine Weise bildlich darzustellen, sie geschieht in lauter in einander geschachtelten Kugeln, von denen jede weiter abstehende größer ist als alle vorigen nd wovon jede äußere alle vor ihr liegenden inneren einschließt, allein wenn s auch beinahe unfaßlich ist, sobald wir das Ganze zu betrachten versuchen sollen, so ist doch nichts einfacher als eben dies, wenn wir uns die Lichtugel horizontal durchschnitten vorstellen, so daß wir mit diesem Schnitte ie Lichtquelle, den leuchtenden Punkt selbst treffen.

Dann nämlich giebt uns eine ruhige Wasserfläche, auf welche ein Steinchen fällt, ein höchst richtiges, getreues Bild. Dort, wo der Stein ällt, ist das hellste Licht, dort entsteht ein höchstes Heben und Sinken des Wassers, unmittelbar daran schließt sich eine kreisförmige Welle, die um Vieles größer ist als der Erregungspunkt, den sie ganz umgiebt, die aber auch um ein Beträchtliches niedriger ist.

Sobald sie ihre Schwingung gemacht hat, setzt sie außer sich eine zweite kreisförmige Welle in Bewegung, die wieder größer ist als die vorige, aber auch noch niedriger u. s. f.

Dieselbe Menge von Stoff, welche im innersten Raum bewegt war, ist es auch im äußersten, allein um so viel größer die bewegte Masse, um so viel geringer der Raum, durch den sie bewegt ist. Hatte die innerste kreisförmige Welle gerade die Größe von einem Quadratfuß und dabei eine Erhebung von 9 Zoll über die horizontale Oberfläche des Wassers, so wird,

wenn die äußerste Welle 9 Quadratfuß hat, sie nur um einen Zoll über die Wasserfläche erhoben sein.

Für das Licht ausgedrückt, werden wir sagen müssen, wenn die Lichtstrahlen eine Fläche treffen, die einen Quadratfuß groß ist, in der Entfernung von einem Fuß, und wir lassen dieselbe Lichtmenge in einer dreifachen Entfernung auf eine Fläche fallen, so wird sie gerade den Raum von 9 Quadratfuß einnehmen, aber die Helligkeit wird auf diesen Raum so gering sein, daß sie gerade ein Neuntheil derjenigen beträgt, welche man auf dem ersten Flecke von 1 Quadratfuß Größe wahrnahm.

Würde man das Licht zusammenhalten können, so daß es sich nicht ausbreitete, wie die Welle auf der Wasserfläche, so würde die Helligkeit auch nicht abnehmen. Dies sucht man auf zweierlei Art zu bewerkstelligen und zwar wieder genau so wie beim Schall, durch Röhren oder Spiegel.

Bringt man in den Focus eines gut geschliffenen Hohlspiegels eine Lichtflamme, so werden die Lichtstrahlen, welche auf den Spiegel fallen, parallel unter einander zurückgeworfen und es wäre gleichgültig, wie weit, wenn die Luft nicht schwächend wirkte, indem sie zu ihrer eigenen Erleuchtung sich einen Abzug macht von dem durch sie hindurchgesendeten; sie erhebt einen Transitzoll, sie läßt die Waare nicht unversteuert durch (eine so kostbare Waare, wie das Licht, wird überall besteuert).

Man macht es mit dem Schall eben so, er kann durch einen reflectirenden Spiegel sehr weit und ziemlich ungeschwächt fortgesendet werden.

Die zweite Methode ist die der Röhrenleitung. Wenn man von irgend einer Quelle das Licht ungeschwächt nach einem 10 oder 100 Fuß fernen Punkte bringen will, so läßt man es durch ein inwendig hell polirtes Rohr gehen, hier werden, wie bei der Fortpflanzung des Schalles durch die Sprachrohre, die Strahlen längs der Wände immerfort reflectirt, bis sie endlich aus der Röhre austreten. Von da, wo sie eingetreten sind, bis auf den Punkt des Austrittes sind sie ganz ungeschwächt erhalten worden.

Bringt man jedoch nicht solche künstliche Mittel in Anwendung, so wird das Licht mit jedem Zoll schwächer, um welchen man sich von der Lichtquelle entfernt und zwar genau nach den Quadraten der Entfernungen. Ein Ausdruck, den wir zwar schon einmal besprochen haben, den wir jedoch seiner Wichtigkeit wegen hier für das Licht und dessen Ausbreitung noch einmal ausführen wollen.

Das Quadrat einer Zahl ist diejenige Zahl, welche man erhält, wenn man sie mit sich selbst multiplicirt. Das Zeichen ist eine kleine Zwei (^{2}), welche man rechts halb über die zu quadrirende Zahl setzt. 1^2 heißt Eins Quadrat, d. h. ein mal eins, welches wieder gleich 1 ist. 6^2 heißt „sechs

adrat," da aber hier keineswegs derselbe Fall eintritt wie vorhin, wo Zahl ihrem Quadrate gleich war, so multipliciren wir, um zu wissen, viel 6^2 ist, die Zahl 6 mit sich selbst, das giebt 36; eben so ist $12^2 = 144$ $3^2 = 9$ ꝛc.

Das vorhin angeführte Gesetz sagt nun: ist eine Lichtmenge in der fernung 1 von ihrer Quelle aufgefangen, so ist ihre Stärke auf der auf-genden Fläche $= 1^2$, dieselbe Menge Licht, welche auf die Fläche in der fernung 1 fiel, in der Entfernung 3 aufgefangen giebt 3^2, in der Ent-ung 4 aufgefangen giebt 4^2.

Daß es so sei und so sein müsse, davon kann man sich sehr leicht über-gen, wenn man an das eine Ende eines langen Tisches ein Licht mit glichst kleiner Flamme und etwa eine Elle weit davon einen Pappschirm stellt, in dessen Mitte eine viereckige Oeffnung, etwa von 1 Zoll ge-itten ist, und nun in regelmäßigen Strecken von 1 Elle Länge dahinter, n weißen Bogen Papier senkrecht hält. Die Oeffnung, 1 Elle vom Licht, : 1^2 Zoll groß, der Schein, welcher durch diese Oeffnung auf das Papier 2 Ellen Entfernung vom Lichte fällt, mißt 2 Zoll Länge und 2 Zoll eite, d. h. 2^2 oder 4 Quadratzoll, in 3 Ellen Entfernung ist der Schein Zoll lang und 3 Zoll breit, macht 3^2 oder 9 Quadratzoll, in der Ent-ung von 4 Ellen wird die beschienene Fläche 16 Mal so groß sein als der ersten Entfernung und man kann dies so weit fortsetzen, als man , das Exempel wird immer richtig sein; allein gleichzeitig wird man auch Schein immer schwächer werden sehen, welchen das Licht auf die größere che wirft, denn es hat sich das Licht in demselben Maße verdünnt, in chem es sich ausgebreitet hat; fällt eine und dieselbe Menge von Hirse-nern, welche auf einem Quadratzoll dicht an einander gereiht liegen (es wer-: vielleicht gerade 144 sein), auf einer Fläche von einem Quadratfuß, und d sie auf diesem so gleich vertheilt wie auf jenem ersten Raum, so werden die mer, welche dort an einander stießen, hier jedes einen Zoll weit vom andern fernt sein. Wenn man die Lichtstrahlen als neben einander laufende Linien rachtet, so ist man außer Stande, sich eine andere Vorstellung davon zu chen als die eben gedachte; allein auch ohne diese Vorstellungsart läßt h dasselbe darthun, wenn man z. B. eine sehr intensive Wasserfarbe, ein ht schönes dunkles Blau oder ein dunkles Roth auf eine ebene Fläche strägt, dann aber dieselbe Menge Farbe so verdünnt, daß sie den vier-, n neunfachen Raum einnimmt; man wird sich überzeugen, daß dadurch die raft, das Satte der Farbe in dem Maße abnimmt, in welchem die Aus-eitung zunimmt.

Die Ausbreitung, wie wir dieselbe hier gesehen haben, findet nicht statt,

sobald die Oeffnung sehr eng wird. Ist dieselbe 1 Quadratfuß, 1 Quadratzoll, 1 Quadratlinie groß, so gilt das Gesagte immer noch, schrumpft sie aber zusammen zu einem Nadelstich oder zu einem Messerschnitt, so ist alles anders, es treten dann Phänomene ein, welche man Beugungs- oder Interferenzerscheinungen nennt.

Es ist sehr leicht, sich die einfachsten dieser Beugungserscheinungen anschaulich zu machen. Ursprünglich pflegte man dazu ein verdunkeltes Zimmer zu brauchen, auf dessen Fenster die Sonne schien. In den Fensterladen wurde ein Instrument eingesetzt, was aus zwei Messern mit sehr geraden, fein polirten Schneiden bestand, welche durch Schrauben einander genähert werden konnten, bis gerade nur noch so viel Raum zwischen den beiden Schneiden war, daß man hindurch sehen konnte.

Fiel nun durch den so erhaltenen Spalt die Sonne in das verdunkelte Zimmer, so zeigte sich an der auffangenden Wand nicht ein schmaler, erhellter Strich, sondern ein, um Vieles breiterer, schwach und verschiedenartig erleuchteter Raum, woraus sich ergab, daß die Sonnenstrahlen hier nicht geradlinig fortgegangen, sondern gewissermaßen um die Ecke gegangen waren.

Brachte man in den Raum, den die Strahlen einnehmen, einen schattenwerfenden Körper und befand sich derselbe nahe an der Wand, so warf er allerdings Schatten auf diese, man sah einen dunklen Fleck dahinter; befand er sich aber in einer Entfernung von dieser Wand, die in einem gewissen Verhältniß zu dem Durchmesser des Schatten gebenden Körpers (ein Metallscheibchen, Groschen oder Pfennig) stand, so fiel hinter diesem kein Schatten auf die Wand, es mußten also abermals die Strahlen eine Ablenkung von der geraden Linie erhalten haben, sie mußten wieder, in einem entgegengesetzten Sinne, um die Ecke gegangen sein.

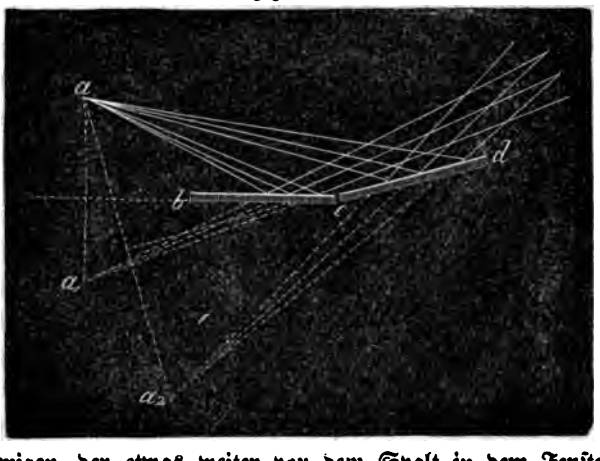
Noch genauer wird der Fresnel'sche Spiegelversuch, welcher aber gleichfalls ein verdunkeltes Zimmer fordert. Man bringt alsdann in dem Fensterladen die Messerschneiden, welche den Spalt bilden sollen, nicht vertikal, sondern horizontal an und läßt den so erhaltenen Strahl auf einen, wo möglich ein paar Klafter von der Oeffnung entfernten Tisch fallen. Der Strahl muß aber durch ein cylindrisches Sammelglas gegangen sein, d. h. durch eine Art Brennglas, welches die auffallenden Strahlen nicht in einem Punkte, sondern in einer Linie vereinigt.

Die von dieser Linie ausgehenden Strahlen fallen nunmehr divergirend auf den Tisch. Dort liegen zwei Stücke schwarzes Spiegelglas dicht neben einander, so daß der Spalt, welcher sie trennt oder die Linie, in welcher sie aneinander stoßen, vollkommen parallel mit dem Spalt ist, durch den das Licht einfällt. Man schiebt die beiden Spiegel auf dem Tische so

. bis die Mitte des Strahlenbündels abd (Fig. 310) auf die Linie in der die Spiegel bc und cd an einander stoßen.

Sobald nun dieses erreicht ist, legt man unter den Spiegel cd, d. h.

Fig. 310.



r denjenigen, der etwas weiter von dem Spalt in dem Fenster absteht, Spielkarte, doch nur an der Kante, so daß der Spiegel dadurch g zu liegen kommt und mit dem andern bc einen äußerst stumpfen kel macht. (Der Deutlichkeit wegen auffallend groß gezeichnet.)

Hierdurch bewirkt man, daß die Strahlen ferner nicht aus einander ıb, sondern zusammengehend reflectirt werden, und Derjenige, welcher ɔer rechten Seite der Zeichnung steht und auf die Spiegel sieht, glaubt nicht, die Strahlen aus einem Punkte a kommen, sondern es scheint ihm, als n sie aus zwei verschiedenen Punkten a_1 und a_2, wohin sich die weißen Linien r die Spiegel fortsetzen lassen, wie auf der Figur durch punktirte Linien ehen ist.

Die Strahlen kreuzen sich durch diese Stellung der Spiegel und da, ieses geschieht, kann man die Beobachtung über den Erfolg einer sol- Kreuzung anstellen. Hält man an die Stelle (welche die Fig. 310 ich angiebt) einen Bogen Papier gerade aufgespannt, so sieht man da-

Fig. 311.

selbst ein der Länge der Spiegelfläche entsprechendes Bild mit einem hellen Streifen in der Mitte und sehr vielen farbigen parallelen Streifen nebenbei, welche unter einander durch schwarze Striche, die eine völlige Abwesenheit des Lichtes verrathen, unterbrochen und zum Theil davon wie von einem feinen

Gitter überzogen sind. Wendet man statt eines Bogens Papier eine Loupe an, welche man dicht vor das Auge und mit diesem in die Nähe des Durchkreuzungspunktes der Linie bringt, so sieht man die ganze Farbenerscheinung noch viel klarer und prächtiger, auch vergrößert, allein das Auge wird durch die blendenden Farben angegriffen.

Diese Erscheinungen haben das Meiste zum Sturz der Emissions- oder Emanationshypothese beigetragen, darum hat man sie auf die mannigfaltigste Weise wiederholt, abgeändert und Schwerdt in Speier hat dieselben so zugänglich gemacht, daß ein Jeder sich von dem Vorhandensein derselben überzeugen kann.

Es gehört dazu eine blanke, mit Blei ausgegossene Glasperle, wie man dieselbe in jedem Laden eines Glashändlers, das Dutzend für 1 Sgr., erhält; eine $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltende Glasröhre, welche man inwendig mit schwarzen Siegellack in Weingeist aufgelöst, oder mit Pech oder Steinkohlentheer überzieht, wodurch man einen sehr schönen, schwarzen und wohl polirten Cylinder erhält und ein Kartenblatt.

Dies ist der gesammte Apparat, den man für die Beugungsphänomene, falls man nicht etwa eine feine Nähnadel und ein Federmesser gleichfalls dazu rechnen will, braucht.

Man macht mit dem Messer einen feinen Schnitt von $\frac{1}{4}$ Zoll Länge in das Kartenblatt und sieht durch diesen Spalt nach dem glänzenden Streifen, welchen die geschwärzte Glasröhre, wenn sie im hellen Sonnenschein liegt, so daß ihr Reflex das Auge trifft, darbietet.

Man wird wahrnehmen, daß der Lichtschein an Breite gewaltig zugenommen hat, das bloße Auge sieht eine Linie; durch den Spalt gesehen, ist die erleuchtete Stelle ein paar Zoll breit (es ist dabei nothwendig, daß der Spalt und die Glasröhre parallel sind). Betrachtet man aber diesen hellen Raum mit Aufmerksamkeit, so findet man ihn zuerst lebhaft durch die Regenbogenfarben gefärbt, in der Mitte allein ist ein weißer Fleck; wenn man aber noch genauer hinsieht, so gewahrt man den Mittelraum des Streifens blendend weiß, dann oben rechts und links Farbenstreifen, welche in bestimmt sichtbaren Abstufungen immer matter und schwächer werden, je weiter sie sich von der Mittellinie entfernen und gewahrt endlich, daß diese Farbenstreifen durch scharf markirte Linien von entschiedenem Schwarz von einander getrennt sind, kurz es ist ganz dieselbe Ansicht, welche man durch den kostbaren Fresnel'schen Versuch erhält und wovon Fig. 311 eine Andeutung giebt.

Bringt man mehrere Schnitte parallel neben einander in dem Kartenblatt an, so wird die Erscheinung noch viel lebhafter und die Linien, welche

tiefsten Schwarz die ganze farbige Figur durchziehen, sind noch viel
tlicher.

Wenn man in einer Entfernung von 12—15 Fuß die glänzende Glas-
el aufstellt, so daß die Sonne dieselbe hell bescheint und man davon
gutes Sonnenbild erhält und nun nach diesem Sonnenbilde durch
en möglichst feinen Stich in dem Kartenblatte sieht, so verliert dasselbe
außerordentlich strahlende Lebhaftigkeit, man gewahrt dagegen einen sehr
l größeren, farbigen Kreis in der Mitte mit einem weißen, farblosen Licht-
k und diesen umgeben von lauter Kreislinien, die denselben Mittelpunkt
ben, alle aber lebhaft farbig sind.

Es wird demnach die ganze Ansicht des leuchtenden Punktes, des ver-
inerten Sonnenbildes verändert, aus dem blendenden, strahlenden Stern
rd in Folge der Beugung der Lichtstrahlen, welche durch die enge Oeff-
ng gehen und von ihrer geraden Richtung abweichen, eine farbige Scheibe.
enn man aber zwei solcher Nadelstiche neben einander macht und dann da-
rch nach dem Sonnenbilde in der Glaskugel (auch eine Thermometerkugel
hierzu sehr anwendbar) sieht, so wird die Erscheinung noch viel eigen-
ümlicher und auffallender. Man gewahrt nämlich nur eine runde, far-
ge Scheibe mit hellem Mittelpunkt, allein diese Scheibe ist von scharf
arkirten schwarzen Linien durchzogen.

Das sind die Stellen, wo zwei Lichtwellen zugleich die Netzhaut des
ges treffen, welche um eine halbe Wellenlänge von einander unterschieden
d; hier trifft eine aufwärtsgehende Vibration mit einer abwärts gehenden
ammen, in Folge dessen kann die Netzhaut oder das Nervengeflecht auf
rselben, welches mitspielen soll, nicht einwirken, indem es den beiden ent-
gengesetzten Forderungen durchaus nicht nachgeben kann, daher keiner nach-
bt, in Ruhe bleibt und dies giebt eben den Eindruck des Finstern, des
hwarzen, denn nur Bewegung ist Licht.

Macht man drei Nadelstiche im Dreieck auf einem sehr kleinen Raum
ben einander, so sieht man die schwarzen Linien sich durchkreuzen, in der
itte 8 bis 10 helle Punkte von schwarzen Linien wie von einem Draht-
webe überdeckt und nun außerhalb der hellsten Stelle ein ganz gleiches
warzes Netzwerk über bunte, farbige Bilder gedeckt.

Wer auf Naturerscheinungen seine Aufmerksamkeit zu richten gewohnt
, wird auch ohne diese Anleitung bemerkt haben, daß, wenn er des Nachts
rch sein Fenster nach einem gegenüber liegenden Licht sieht, wenn die aus
inem dünnen Gewebe bestehenden Gardinen schon vorgezogen sind, auf diesen
ich das Licht keineswegs wie eine Flamme darstellt (so würde man das-
selbe durch reines Glas oder durch das offene Fenster sehen), sondern als

einen ausgebreiteten Schein, viereckig begrenzt, mit unzähligen Farbenbüscheln. Etwas, das sich durch die Zeichnung gar nicht geben läßt, das man sehen muß, aber auf mancherlei Art gesehen werden kann und sich beinahe aufdrängt, wenn man nur aufmerksam sein will; so z. B. wenn man mit geöffnetem Regenschirm des Nachts auf der Straße geht und durch das Seidenzeug eine ferne Laterne betrachtet, da sich auf der Fläche des Schirmes eine höchst regelmäßige Figur bildet, aus vielen hellen Punkten in der Mitte bestehend, welche nach vier verschiedenen Richtungen auf das Schönste mit farbigen strahlenden Punkten umgeben sind, deren Lebhaftigkeit immer mehr abnimmt, je weiter vom leuchtenden Kern sie entfernt sind.

Die Erscheinungen werden einfacher, wenn man nicht mit dem reinen Sonnenlicht, sondern mit solchem, welches eine ungemischte Farbe, blau, roth oder gelb hat, operirt. Am leichtesten erreicht man dies, wenn man das Licht von dem reflectirenden schwarzen Glascylinder oder von der Glaskugel durch ein gefärbtes Glas gehen läßt.

Je nachdem nun die Farbe gewählt, zeigt sich das, Fig. 311, gegebene Bild breiter oder schmaler und zwar am breitesten im Roth, weniger breit im Gelb, noch schmaler im Blau. Bemerkenswerth ist dabei, daß, wenn man die gemischten Farben, grün und violett anwendet, das Bild ebenfalls einfarbig ist, durch die Beugung wird also das weiße Licht in seine Farben zerlegt, das grüne und violette nicht. Einfacher nannte der Verfasser die Erscheinungen deshalb, weil die hellen Streifen nicht vielfarbig, sondern nur von derjenigen Farbe sind, welche das Glas durchläßt, man hat demnach nur rothe und schwarze oder blaue und schwarze Streifen zu beobachten, wie Fig. 311 sie zeigt, wobei bemerkt werden muß, daß die hellen und schwarzen Stellen ganz regelmäßig abwechseln und daß sie beide vom Roth bis zum Violett an Breite abnehmen, an Zahl aber gleichbleiben.

Wendet man statt des bloßen Spaltes eine in einem Kartenblatt geschnittene Oeffnung an, so wird das Interferenzbild auch anders gestaltet, ist die Oeffnung ein verschobenes Viereck, so erhält man zwei Interferenzbilder, welche sich schräg, wie Fig. 312 zeigt, kreuzen. Die Figuren sind ungemein sauber und nett, es lassen sich dieselben weder durch Holzschnitt, wie hier, noch durch die sorgfältigste Farbenausführung geben, man muß dergleichen selbst sehen und darum wollen wir noch Einiges über die Darstellungen derselben

Fig. 312.

gen, welche für einen Jeden, der ein mäßig gutes Fernrohr und ein kleines apital von Geduld hat, leicht ausführbar ſind.

Man mache ſich über die Faſſung des Objectivglaſes ſeines Fernrohrs n halbes Dutzend Ringe von Pappe, welche wie runde Schachtelkränze hne Boden ausſehen, die indeſſen ganz leicht aufgeſetzt und abgenommen erden können, damit man den darauf zu bringenden Staniol nicht zerrücke, allein ſie dürfen auch nicht von ſelbſt abfallen.

Die Kränze ſind etwa 1 Zoll groß, ſie müſſen nun auch einen Boden ekommen, dieſer aber iſt nicht Pappe, ſondern entweder gut geglättetes artenpapier oder beſſer noch Staniol, dünn gewalztes Zinn, wie es zum ekleben von Leidner Flaſchen gebraucht wird.

Nachdem man ſich die Stücke Staniol ſo geſchnitten hat, daß ſie um in Geringes größer ſind als die Schachtelkränze, ſchneidet man in die Mitte ines jeden irgend eine Figur, ein Quadrat, ein verſchobenes Viereck (eine aute), ein Dreieck ein, durchſticht ein viertes Blatt mit einem, zwei, drei adelſtichen, man macht in ein ſiebentes und achtes einen, zwei, drei parallele inſchnitte, in noch andere Blätter noch mehrere, je kleiner dieſe Oeffnungen lle ſind, deſto ſchöner und regelmäßiger werden dann die Farbenerſcheinungen. ndlich macht man ſich auch noch Gitter, welche entweder blos gerade oder elche gekreuzt ſind, dadurch, daß man eine Reihe Stecknadeln, von denen ie Köpfe abgeſchnitten, dicht neben einander legt und nachdem man den and des Pappringes mit Klebwachs beſtrichen hat, darauf drückt. Man rdnet ſie nun nochmals genau, ſo daß, wenn man hindurch ſieht, die engen palten, welche zwiſchen jeder Nadel und der nächſten übrig bleiben, recht leich ſind. Auf einem andern Ring befeſtigt man in ähnlicher Weiſe ein olches Gitter, legt aber hierauf noch eine zweite Lage von Nadeln überwerch, wodurch man ein Kreuzgitter erhält.

Hat man nun zwei Zimmer hinter einander, ſo daß man ſich von dem enſter, auf welches die Sonne ſcheint, um 12 bis 15 Ellen entfernen kann, o ſind alle Bedingungen zu den ſchönſten Lichterſcheinungen, die man ſich ur denken kann, gegeben.

Man bringt auf dem offenen Fenſter eine Thermometerkugel oder eine oben beſchriebene große, mit Blei ausgegoſſene Glasperle ſo an, daß die Sonne dieſelbe beſcheint und betrachtet dieſen Lichtpunkt aus der größten Entfernung, welche die beiden Zimmer geſtatten, durch das Fernrohr, welches, wegen der Nähe des Gegenſtandes ſo weit ausgezogen werden muß, daß man alle Gegenſtände dadurch ganz ſcharf und deutlich ſieht; nun ſetzt man einen Ring nach dem andern auf das Objectivglas und ſieht hierauf durch as Fernrohr nach dem Sonnenbilde; man wird erſtaunen über die außer-

ordentliche Farbenpracht und die ungemeine Regelmäßigkeit der Figuren und vielleicht stundenlang verweilen, um die Wirkungen der Ablenkung des Lichtes von seinem Wege zu studiren.

Die Ursache all' dieser Erscheinungen ist vorzugsweise in der wellenförmigen Fortpflanzung des Lichtes durch Querschwingungen der Aethertheilchen zu suchen und es ist vergeblich versucht worden, dieselben nach der Emanationshypothese Newton's zu erklären. Göthe in seiner oberflächlichen Weise verwirft zwar den Gedanken der Beugung des Lichtes gänzlich und schiebt Alles auf die Breite der Sonne, vermöge deren sie Licht von Punkten ausschickt, die sehr entfernt von einander sind (daher rühren die Halbschatten, die jeden Kernschatten umkränzenden matten Säume, welche weder volles Licht noch vollen Schatten haben), allein dies alles paßt nicht, indem man die Beugungsphänomene gerade mit Lichtpunkten, die wo möglich keine Breite haben, mit ganz außerordentlich verkleinerten Sonnenbildern, anstellt und sie um so trefflicher erscheinen, je kleiner diese Punkte sind, mit dem Fixstern Sirius, dem wohl schwerlich Jemand eine Breite zuschreiben wird in Beziehung auf die Strahlen, welche er von seiner rechten oder linken Seite auf die Erde sendet, erscheinen sämmtliche Bilder am allerschärfsten und genauesten gezeichnet. Göthe aber kann dies nicht brauchen, denn er muß Helles haben, welches sich über Dunkles breitet, und Dunkles, welches Helles bedeckt, da paßt ihm der Halbschatten sehr gut, der strahlende Punkt aber, der solchen Halbschatten nicht gewährt, wird deshalb von ihm gar nicht berücksichtigt, er existirt für ihn nicht.

Es ist mit den Erfahrungen, welche Göthe über alle diese feinen, einen sehr geübten Beobachter fordernden Dingen, anstellt, eine ganz eigene Sache. Der Lichtblitz des großen Genies des Mannes von Geist ist nirgends zu verkennen, aber überall wieder leicht zu erkennen, was er in seinen Epigrammen aus Venedig von sich selbst sagt:

„Vieles hab' ich versucht, gezeichnet, in Kupfer gestochen.
Oel gemalt, in Thon hab' ich Manches gedrückt.
Unbeständig jedoch und nichts gelernt und geleistet."

Er hätte zu den Zweigen der Kunst noch manchen Versuch, sich einer oder der andern Wissenschaft zu bemächtigen, anführen können, denn er hat Hebräisch und Botanik, Griechisch und Mineralogie, Spanisch und Anatomie getrieben, immer aber nur bis er das Inhaltsverzeichniß der betreffenden Lehrbücher, nicht bis er ihren Inhalt wirklich in sich aufgenommen hatte und da kann man natürlich „nichts lernen und leisten" und darum ist sein dickes Buch „zur Farbenlehre" auch so entsetzlich voller Spreu bei wenigen Körnern, die darunter gemischt sind. Auch den Gegen

und, welchen wir so eben berührt, hat er in's Auge gefaßt, wo er aber gt: „betrachtet man dieses matte Sonnenbild genau" und „betrachtet an jenes oben beschriebene Sonnenbild genauer" sieht man, daß er es icht genau und daß er es immer weniger genau betrachtet habe, denn : verwechselt immerfort ein Camera-Obscura-Bild mit dem verlangten nfallenden Sonnenstrahl, er kommt endlich auch so weit, die schwarzen Linien i dem Spectrum zu finden, sieht jedoch darin nichts weiter als den wieder- olten Schatten der neben einander stehenden Messerklingen, wiewohl es ganz möglich ist, daß ihr Schatten irgendwo auffalle, da sie gar nicht als schatten- ebende Körper, sondern als Licht vorbei lassende Wände, als Grenzen, an enen das Licht hinstreift, wirken und es ist höchlichst zu verwundern, wie n sonst so klarer Geist sich in einer Ansicht so verreiten kann, daß er sein Auge erschließt für alle sich ihm aufdrängenden Gegenbeweise und nur die ober- ächlichste Anschauung zuläßt, weil sie für seinen Kram paßt.

Unsere großen Physiker sind nicht in diesen Fehler verfallen und daher t es ihnen gelungen, zu den allerschärfsten Resultaten zu gelangen; wo ndeß wir uns damit begnügen, durch ein feines Gitter nach einem Licht- unkt zu schauen oder zarte Linien auf Glas zu ritzen und die Farben zu eobachten, welche durch den Lichtreflex entstehen oder eine Glastafel zu be- uchen, um die wandelnden farbigen Höfe, oder sie mit Semen lyco- odii zu bestäuben, um die feststehenden Höfe um die Lichtflamme zu beobachten — lauter Inflexionserscheinungen, haben jene die Länge der Lichtwellen und ie Zahl derselben gemessen und gefunden, daß rothes Licht, welches die ingste Schwingung macht, 24 Milliontheile eines Zolles und violettes Licht, elches die schnellsten aber kürzesten Schwingungen macht, nur 14 Million- heile eines Zolles bei einer Wellenbewegung oder Schwingung durchläuft nd daß rothes Licht, um in einer Secunde seine 40,000 Meilen zu durch- aufen, dazu 477 Billionen, violettes Licht aber 700 Billionen Schwin- gungen braucht.

Ganz ähnliche Erscheinungen, wie die so eben berührten, finden wir in den Farben dünner Blättchen. Ein Kinderspiel, Jedem von uns aus seiner Jugend bekannt, das Bilden von Seifenblasen, ist zum physikalischen Expe- riment erhoben worden, welches unsere Professoren in ihren Vorlesungen an der Universität zeigen, nur nicht so wie die Kinder dieselben machen, indem sie einen Tonpfeifenkopf in Seifenwasser tauchen und nun möglichst große Kugeln aufblasen und diese dann fliegen lassen, um sich an den wunder- vollen Farben zu ergötzen, sondern, indem man auf eine flache Tasse Seifenwasser gießt, eine Blase erzeugt und diese, auf der Tasse stehend, so groß wie möglich zu einer Halbkugel ausdehnt. Man hat dieselbe nun fest

vor sich (nicht schwebend und davon fliegend) und kann daran alle Beobachtungen mit vollkommener Ruhe machen.

Diese ergaben, daß zuerst, wenn die Blase gebildet worden, sich gar keine Farbe, sondern nur ein ganz mattes Grau zeigt; wie aber die Blase dadurch dünner wird, daß die Flüssigkeit, welche dieselbe bildet, nach und nach von der äußersten Höhe zu den Seiten herabfließt, was ununterbrochen geschieht, so zeigen sich zuerst ganz feine Adern von wunderschönem Roth und Grün, welche in einer lebhaften Bewegung sind und an moirirte, schwere Seidenzeuge hinsichts der Zeichnung des Geäders erinnern, bald aber werden diese zarten, geschlängelten und vielfältig wechselnden, in einander laufenden Linien breiter, bilden kleine Flecken und Flächen, jetzt tritt auch ein äußerst intensives Blau dazu, dann ein lebhaftes Gelb, welches breitere Flächen bildet und bald in jene eigenthümliche, halb gelbe, halb bräunliche Farbe übergeht, die man beim Anlaufen des polirten Stahles mit dem technisch gewordenen Ausdruck „Hafergelb" bezeichnet.

Sobald das Farbenspiel in diesem Stadium angelangt ist, zeigt sich dem aufmerksamen Beobachter etwas ganz Eigenthümliches, es entstehen auf dem Gipfel der Halbkugel, welche die Seifenblase bildet, kleine lebhaft umher laufende schwarze Punkte, sie werden größer, es vereinigen sich zwei, drei zu einem größeren, dieser zu einem so großen schwarzen Fleck wie die Pupille des Auges, bald wird der Fleck noch größer, kann einen halben, einen ganzen Zoll im Durchmesser bekommen, er verweilt einige Secunden in dieser Ausdehnung — nun platzt die Blase.

Diese Erscheinungen wiederholen sich regelmäßig, so oft man solche Seifenblase bildet; die Farben entstehen hier durch das theilweise Hindurchgehen und Zurückwerfen der Lichtstrahlen, welche auf die Oberfläche der spielenden Blase fallen. Dieselbe besteht aus einem sehr dünnen Häutchen von Wasser, welches durch die aufgelösten Bestandtheile der Seife opalisirend geworden ist; Anfangs ist dasselbe noch zu dick, um Farben zu spielen, wie nach und nach die Flüssigkeit herunter sinkt und die Wandung der Blase dünner wird, tritt das Farbenspiel ein, es erscheint Grün und Roth, bei zunehmender Zartheit des Häutchens Blau und Orange (Gelb und Violett sieht man nur flüchtig erscheinen und verschwinden) und nun ist die Grenze der Spiegelung und Zurückwerfung erreicht, so wie die Blase oben auf ihrem Gipfel noch dünner wird, läßt sie alles auffallende Licht durch — das sind die schwarzen Punkte; sie vergrößern sich, die Wandung wird hier so dünn, daß sie nicht mehr zwei, sondern nur eine Oberfläche zu haben scheint, daß alles Licht thatsächlich hindurch fällt und man sich vergeblich bemüht, diese Stelle zu sehen; was man wahrnimmt, hat die täuschendste

ehnlichkeit mit einem runden Loch mit schwarzem Hintergrunde, obwohl an weiß, daß dort etwas ist, die Calotte der Kugel, so ist doch an diesem leck nicht die leiseste Spur einer Spiegelung zu sehen, man gewahrt nicht en blauen oder wolkigen Himmel, noch das Fenster, hinter welchem man perirt und welches sich in der Umgebung des schwarzen Fleckes sehr deutch zeigt — man sieht nichts, wie es nicht anders sein kann, wo kein Licht urückgeworfen wird — man sieht nichts, allein es befremdet den aufmerkmen Beobachter dennoch sehr, wenn er sich auch zehnmal sagt, gerade so üsse es sein.

Man kann solche dünne Schichten flüssiger Körper auf sehr verschiedene Weise darstellen; eine sehr einfache Art ist die, daß man einen Tropfen Oel uf eine reine, ruhige Wasserfläche fallen läßt. Augenblicklich breitet der ropfen, so weit der Raum des Gefäßes dies irgend gestattet, sich aus nd diese dünne Oelschicht, welche die Wasserfläche bedeckt, spielt in den chönsten Regenbogenfarben, welche sich in breiten Bändern und Flecken eigen. Auch das jetzt sehr allgemein verbreitete Collodium, eine Auflösung on Schießbaumwolle in Aether, eignet sich dazu; man bildet sich größere der kleinere Blasen davon und diese schillern sehr lebhaft in solchen Farben. in ganz Gleiches erhält man, wenn man eine kleine Glasröhre vor der Gebläselampe zuschmilzt, eine Thermometerkugel daraus formt und diese un, nachdem sie recht weich und glühend geworden, so stark aufbläst, daß ie zerreißt. Die hier erhaltenen Blättchen sind so dünn, daß sie gleichfalls arben spielen.

Der Schlüssel zu allen diesen Erscheinungen und zu den sämmtlich noch olgenden bei festen Körpern, liegt in dem Weg, den zwei Lichtstrahlen, neben inander laufend, durch die verschiedenen Reflexionen zurücklegen. Es gehen solche Strahlen neben einander bis an die äußerste Oberfläche eines solchen dünnen Blättchens, hier wird ein Theil derselben zurückgeworfen, der andere Theil geht durch die erste Oberfläche eines Collodiumblättchens, einer Seifenblase hindurch auf die zweite Oberfläche zu, aber er wird nunmehr von dieser zurückgeworfen und so gelangen die beiden Lichtstrahlen oder Lichttheile eines Strahles zurück in das Auge des Beschauers; allein der eine dieser Strahlen hat einen um etwas längeren Weg als der andere gemacht. Ist die Dicke des Blättchens genau entsprechend einer halben, einer ganzen oder mehreren ganzen Wellenlängen, so wird man keine Farbenerscheinung wahrnehmen, denn der Hin- und Rückweg des Lichtstrahls hat ja nun wieder eine ganze Wellenlänge zum Maß und der austretende Strahl trifft zwar nicht mit der ersten Schwingung des schon zurückgeworfenen zusammen, doch aber immer mit einer Schwingung.

Ganz anders ist es, wenn die Dicke der durchlassenden Schicht kleiner oder größer als eine halbe Wellenlänge, nur keine ganze, wohl aber $\frac{3}{4}$ u. s. w. kurz, solch ein Bruch ist von der Länge einer Welle, daß bei dem Doppelnehmen dieses Weges innerhalb der irisirenden Schicht, der austretende Strahl nicht in die Schwingungsbewegung des vorher an der äußersten Oberfläche reflectirten Strahles eingreift, sondern um $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ u. s. verschieden ist. In diesem Falle wird man immer Farben sehen und dies findet auch statt, wenn man polirten Stahl oder eine Spiegelglasfläche mit feinen Strichen ritzt, dies findet bei den Messingknöpfen statt, welche ein gewürfeltes, aus feinen Linien bestehendes Gepräge erhalten haben, dies findet bei der geschliffenen Perlmutter statt, deren mitunter prachtvolle Farben davon herrühren, daß die Schichten von Kalk, welche die Muschel im Wachsthum ansetzt, durchschnitten werden, da dann die schieferige Textur sich farbig zeigt (zu dem Spalten in Blätter, wie Gyps oder Glimmer, ist sie theils zu brüchig, theils ist ihr Gewebe zu fein).

Denselben Grund haben ferner die Farben, welche man durch Erhitzen polirter Metalle (Stahl, Messing) erhält oder welche erscheinen, wenn man durch Galvanismus Niederschläge auf polirten Metallen erzielt, ferner diejenigen, welche man in den Spalten durchsichtiger Mineralien, des blättrigen Gyps oder des Glimmers und anderer sieht.

Es ist beinahe komisch anzusehen, wie die Göthe'sche Schule sich quält und müht, um die Ansichten, welche ihrem Meister nicht geläufig waren, lächerlich zu machen. Der Verfasser erinnert sich, in seinen Jugendjahren Vorträge über die Göthe'sche Farbenlehre durch einen Anhänger der Göthe'schen Lehre gehalten, in Berlin gehört zu haben, derselbe führte ein Argument gegen die Ansicht, die Farben entständen durch die Oberflächenbeschaffenheit der Körper und durch den Reflex des Lichtes in folgender Weise durch — „da sagt der Bräutigam zu seiner schönen Braut, mein holdes Kind, bilde Dir auf Deine Schönheit nichts ein, Du siehst gar nicht so rosig aus, wie Du glaubst, Deine Wangen sind eigentlich hellgrau, Deine Korallenlippen dunkelviolett, die bläulichen Adern auf dem zarten Teint sind grasgrün und der ganze Eindruck, den Du machst, ist eigentlich der einer Leiche" — und er forderte unter dem schallenden Gelächter seiner Zuhörer dieselben auf, diese Praxis durchzuführen in ihrem Leben, sie sei doch eigentlich gar zu interessant und jedenfalls neu und originell.

Wenn es Einem darauf ankommt, die Lacher auf seine Seite zu bekommen, so kann man dies durch einige schlechte Witze schon machen, damit ist aber für die Wissenschaft nichts gewonnen. Gewiß wäre es höchst läppisch, wollte Jemand seiner Geliebten dergleichen Schmeicheleien sagen, aber

ß es läppisch wäre, beweist ja noch nicht, daß es unwahr wäre. Wenn rosige Farbe der Wangen ganz ausschließlich ein Eigenthum dieser wären, rum zeigte sie sich dann nicht in jeder Beleuchtung? Warum sehen schon den mit guten Argand'schen Lampen beleuchteten Theatern die Schauler so blaß aus, daß sie sich stark schminken müssen? warum ist dies den kleinen Bühnen der Mittelstädte, wo man nicht Argand'sche Lam-, sondern Talglichte brennt, in solchem Grade der Fall, daß man dicken nnober auf die Wangen legen muß und warum ist dies alles nicht auf fern mit Gas beleuchteten Theatern nöthig, wo ein zarter Anflug von rmin schon genügt, um dem Gesicht Lebhaftigkeit und Feuer zu geben — rum? weil in den erstgenannten Fällen statt des weißen Tageslichtes ein bliches und zuletzt immer gelberes Licht angewandt wird, welches der hen Lichtstrahlen zu wenig hat, die also nicht in genügender Menge zugeworfen werden. Brennt man nun gar ein Licht, welches der rothen rahlen ganz entbehrt, so helfen alle jene Mittel nicht mehr, denn selbst schönste Zinnober wird schwarzgrün und dunkler Karmin ganz schwarz.

Ein solches gelbes Licht kann man sich verschaffen, wenn man den cht einer Spirituslampe mit Salz einreibt und die Gegenstände im verkelten Zimmer nur durch diese Spiritusflamme erleuchten läßt. Allerngs muß man zu den Versuchen reine Farben haben, wenn sie vollständig ingen sollen; allein unter allen Umständen wird man eine solche Verndlung wahrnehmen, daß man sich überzeugen wird, die Farbe der Gegende hänge von dem Lichte ab, welches auf sie fällt — es ist ein bemter Spaß, durch solche Lampe der ganzen anwesenden Gesellschaft ein Leichensehen zu geben, alles Roth verschwindet von den Gesichtern, sie werden ünblaß, zum Entsetzen Aller, welches sich wohl noch steigern würde, nn ein Jeder sich selbst sähe.

Allein das Auffallendste ist das Schwarzwerden reiner Farben. Dove gte in seinen Vorlesungen die Schwanzfeder eines indischen Raben, welche swendig ein prächtiges, reines Blau, inwendig ein eben so schönes Roth tte. Von der Spirituslampe beschienen, waren beide Seiten schwarz, cht in dem gewöhnlichen Sinne, in welchem man leicht etwas Beschmutztes hwarz nennt, sondern sie sah aus, als wäre sie von schwarzem Sammet emacht.

Der Verfasser hat sich lange Zeit vergebliche Mühe gegeben, eine solche eder zu erhalten, er hätte gern die Oberflächenbeschaffenheit dieser Feder enauer untersucht — es gelang jedoch nicht, er mußte zu andern Körpern reifen und siehe, es gelang mit gefärbten Papieren, sie mochten geglättet der rauh sein, vollkommen, wenn die Pigmente nur rein waren. Ein

ſchönes Karminroth, ein ſchönes Kaliblau (blauſaures Eiſen) erſcheinen in der gelben Flamme des Weingeiſtes ganz ſchwarz, aber in ſolcher Art, daß der Zuſchauer glaubt, er ſei durch den Experimentator getäuſcht worden, bis man ihn ſelbſt den Verſuch machen läßt. Dies geſchieht ſehr einfach dadurch, daß man zwei Stücke rein roth und blau gefärbtes Papier auf einen weißen Bogen legt (natürlich in einem verdunkelten Zimmer oder bei Nacht), indem man eine Wachs- oder Stearinkerze brennt. Wenn alles geordnet iſt, ſo zündet man eine Weingeiſtlampe an, deren Docht mit Salz eingerieben iſt. Noch bleibt alles unverändert. In dem Augenblicke aber, in welchem man die Kerze auslöſcht, liegen zwei ſammetſchwarze Stücken Papier auf dem weißen Bogen — man glaubt, ſie ſeien durch einen Taſchenſpieler dahin an Stelle der farbigen geſchafft, bis man, dieſelben fortwährend im Auge behaltend, an der Weingeiſtlampe wieder die Kerze anzündet und in dem Augenblick, in welchem das erſte kleine Lichtpünktchen aufwallt, die blaue wie die rothe Farbe aus dem ſchwarzen Papier wieder auftauchen ſieht, indeß beides plötzlich in demſelben Augenblick verſchwindet, in welchem die Kerze wieder erliſcht.

Das Pigment iſt alſo immer vorhanden, man ſieht daſſelbe auch in jeder Beleuchtung, aber die Farbe des Pigments kann man nur in demjenigen Lichte unterſcheiden, welches eben dieſes Pigment zurückzuwerfen im Stande iſt.

Solchen Täuſchungen aber unterliegen wir unaufhörlich. Unſer Sehvermögen und unſere Sprache ſind für Farben nicht gleichmäßig ausgebildet — wir haben für die Farben eigentlich nur vier Namen, roth, gelb, blau und grün; Orange iſt keine Farbe, es iſt eine Frucht, Violett iſt keine Farbe, es iſt ein Blume (Veilchen), eben ſo iſt es mit Roſa, mit Azur- und Laſurblau, mit Aquamarin und Rubin und wenn wir alle Farben und deren Schattirungen in unſerm Gedächtniß zuſammenzählen und dabei Amethiſt, Saphir und Smaragd ſo wenig vergeſſen, wie Perlweiß und Kohlſchwarz oder Silbergrau, ſo werden wir noch nicht 40 Farben aufzählen können, welche noch dazu nicht Farben ſondern von Metallen, Edelſteinen, Pflanzen und Thieren hergenommen ſind, indeß der Stiftkaſten der römiſchen Moſaikarbeiter 11,000 Farben und Nüancirungen derſelben zählt. Aber auch das Auge fordert eine fortwährende Uebung, wenn es etwas Gutes leiſten ſoll. Der Portraitmaler beginnt das Bild einer jungen, ſchönen Dame in ſeinen Umriſſen, dann malt er das Geſicht aus und er kommt nun zur zweiten oder dritten Sitzung — ſiehe — es paßt ihm keine der Farben mehr, plötzlich ſagt er: Ach, mein Fräulein, Sie hatten damals ein blaues Seidenkleid an und heute ſind ſie roth gekleidet, das geht nicht, ziehen Sie das blaue wieder an. —

Ach, dies habe ich eben erst bekommen, es soll mein Hochzeitskleid sein, s steht mir auch so gut!" Ja, dagegen läßt sich nichts einwenden, allein as blaue Kleid brachte auf Ihrem Gesichte ganz andere Reflexe, völlig ndere Farbentöne hervor, diese hat mein Pinsel wiedergegeben, sie passen t dem rothen Kleide nicht, entweder Sie müssen das frühere Kleid anziehen der ich muß das ganze Bild übermalen.

Die Leute begreifen dies nicht, wenn aber, nachdem das Bild fertig t, der Maler statt des blauen ein rothes Kleid zu dem schon vollendeten esichte malen wollte, so würde man das Bild unerträglich finden, vielleicht hne sich über die Ursache Rechenschaft ablegen zu können, allein gefunden ürde es werden.

Der Maler sieht es aber überall und weiß warum; er weiß, daß er blaue Himmel eine blaue Farbe stärker blau macht, eine gelbgrüne völlig rün, eine braunschwarze schwarz, eine dunkelrothgelbe braun, eine rothe ehr oder minder violett, während hingegen die Abendröthe das Blau in urpur, Gelb in Pomeranzengelb, Mennige in Zinnober verwandelt.*)

Aber auch ohne Malerin zu sein weiß jede Dame, daß sie seidene oder ollene Stoffe, welche sie am Tage tragen will, nicht bei Abend kaufen rf, sie weiß, daß sie Blau und Grün beinahe gar nicht von einander nterscheiden kann.

Göthe hat zwar alle solche Versuche für Quälereien und Martern usgeschrieen, welche man dem Lichte angethan, und da er die wunderbaren rscheinungen, welche man durch die Frauenhofer'schen Gitter und alle die ahin gehörigen Apparate erhielt, nicht läugnen konnte, sie für Taschenspieler- nststücke ausgegeben, und er sagt von den ersten, von Newton's optischen ersuchen: Derselbe verknüpft folgende Bedingungen, damit das Gespenst rscheine, ist nöthig:

1) ein gläsernes Prisma;
2) dreiseitig;
3) klein;
4) ein Fensterladen;
5) eine Oeffnung darin;
6) diese sehr klein;
7) ein Sonnenbild, das hineinfällt;
8) aus einer gewissen Entfernung;
9) das in einer gewissen Richtung auf das Prisma fällt;
10) sich auf einer Tafel abbildet;

*) Dove, Darstellung der Farbenlehre.

11) die in einer gewiſſen Entfernung hinter das Prisma geſtellt iſt.

Er hat ſich hier die Sache ſehr leicht gemacht, denn er hätte noch hinzufügen können:

12) ein dunkles Zimmer;

13) welches ſorgfältig verſchloſſen iſt;

14) in welches von keiner Seite ein anderer Lichtſtrahl fällt;

15) auch von keiner Kerzenflamme erleuchtet iſt;

16) daher die Experimentatoren ſich im Finſtern befinden

u. ſ. w. Es hätten ſich auf ſolche Weiſe die Bedingungen auf hundert ausdehnen laſſen, indeß es ſich um ein verfinſtertes Zimmer handelt, in welches ein Lichtſtrahl fällt, der durch ein Prisma von ſeinem Wege abgelenkt wird.

Göthe ſagt nunmehr aber: Nehme man von dieſen Bedingungen drei weg, nämlich drei, ſechs und eilf, mache man die Oeffnung groß, das Prisma groß und ſtelle man die Tafel dicht hinter das Prisma und das beliebte Spectrum kann und wird nicht zum Vorſchein kommen.

Hier hat er ſich die Sache nun wieder ſehr ſchwer gemacht, er hätte bloß eine einzige Bedingung, die fünfte, die erſte oder die ſiebente, nur eine wegzulaſſen brauchen, ſo wäre ihm vollkommen geholfen geweſen. Das Spectrum erſcheint wirklich nicht, wenn kein Prisma da iſt, oder in dem Laden keine Oeffnung, oder wenn in die Oeffnung keine Sonne ſcheint.

Iſt denn aber hierin Verſtand? Iſt es nicht, als wollte Jemand ſagen, die Töpfer behaupten, ein kaltes Zimmer könne erwärmt werden? Welch ein Unſinn und was für Bedingungen ſtellen ſie. Das Zimmer müſſe verſchloſſen ſein, es dürfen nicht Fenſter und Thüren offen ſtehen, man müſſe aus Thon Kacheln brennen, man müſſe dieſe in das Zimmer hinein tragen, man müſſe dazu Lehm und Waſſer herbeiſchaffen (zum Heizen Lehm und Waſſer!), man müſſe mittelſt dieſer Stoffe einen Ofen aufbauen, derſelbe müſſe eine Thüre bekommen und einen Abzugscanal für die verdorbene Luft, dann müſſe man dieſen Ofen einige Monate lang ſtehen und langſam austrocknen laſſen (während man doch gleich ein warmes Zimmer haben wollte), dann müſſe im Walde Holz geſchlagen werden, dieſes müſſe geſpalten werden, dann aber ein Jahr liegen, damit es trockne, nun müſſe es von weit hergeholt, auf einen Holzhof abgelagert, von dieſem erſt durch den Beſitzer des zu erwärmenden Zimmers gekauft, durch Tagelöhner zerſägt und kleingehauen werden, endlich packe man ſolches Holz in den Ofen, lege Feuer daran, ſehe recht gut zu, daß Alles ausbrenne und wenn dies geſchehen, mache man die Ofenröhre zu und nun wird man ein warmes Zimmer bekommen.

Welche verwickelte Prozeſſe, beſonders wenn man bedenkt, daß ein Berg-

werk ausgebeutet werden und ein Hochofen beschickt werden muß, um das Eisen zu gewinnen, aus welchem späterhin der Stahl fabricirt werden soll, mit welchem die Art des Holzschlägers und die Säge versehen u. s. w. Man sieht, daß sich dieses Jahrhunderte weit zurückführen läßt, denn die Pike und der Fäustel des Bergmanns forderten ja einen früher dageweſenen Hochofen und dieſer einen noch älteren. Und nun kommt Einer her und ſagt: laſſe von dieſen naturwidrigen Bedingungen die ſo und ſo vielte ꝛc. weg, mache die Thüren und Fenſter nicht zu, ſo wirſt du nimmer eine warme Stube bekommen, verſtopfe das Rauchloch, bevor das Feuer ausgebrannt iſt und du haſt wohl Rauch, aber nicht Wärme im Zimmer. Er hätte eben ſo gut ſagen können: mache kein Feuer in den Ofen und dir werden alle dieſe Bedingungen und mühſamen Vorbereitungen ſammt dem in den Ofen gepackten Holz nichts helfen.

Auf ſolche Weiſe iſt die Naturforſchung ſehr leicht, man verwirft, was nicht in den Kram paßt, und ſagt wie Göthe z. B.:

„Man ſpricht geheimnißvoll von einem Experiment, womit man die Lehre erſt recht befeſtigen wolle! Ich kenne es recht gut und kann es auch darſtellen, das ganze Kunſtſtück iſt, daß zu den obigen Bedingungen noch ein paar hinzugefügt werden, wodurch das Hocuspocus ſich noch mehr verwickelt.

„Der Frauenhofer'ſche Verſuch, wo Querlinien im Spectrum erſcheinen, iſt von derſelben Art, ſo wie auch die Verſuche, wodurch eine neue Eigenſchaft des Lichtes entdeckt werden ſoll. Sie ſind doppelt und dreifach complicirt, wenn ſie etwas nützen ſollten, ſo müßten ſie in ihre Elemente zerlegt werden, welches den Wiſſenden nicht ſchwer fällt, welches aber zu faſſen und zu begreifen kein Laie weder Vorkenntniß noch Geduld, kein Gegner weder Intention noch Redlichkeit genug mitbringt. Man nimmt lieber überhaupt an, was man ſieht und zieht die alte Schlußfolge daraus."

Auf dieſe Frage, welche allein nur zeige, daß der würdige Mann ſich in ſeiner Eitelkeit tief gekränkt fühlte,*) daß er in einer von ihm aufgeſtellten Lehre befangen war und dieſe nicht aufgeben wollte, antwortete Dove geiſtreich wie immer und doch ſo einfach und natürlich Folgendes:

---

*) „So übt ſchon ſeit 20 Jahren die phyſikomathematiſche Gilde gegen meine Farbenlehre ihr Verbotsrecht aus; ſie verſchreien ſolche in Collegien und wo nicht ſonſt; davon wiſſen mir jetzo Männer über 30 Jahre genugſam zu erzählen und jene haben nicht Unrecht. Der Beſitz, in dem ſie ſich ſtark fühlen, wird durch meine Farbenlehre bedroht (ach nein!), welche in dieſem Sinne revolutionair genannt werden kann, wogegen jene Ariſtokratie ſich zu wehren alle Urſache hat." (Ariſtokratie heißt Beſtherrſchaft.)

„Die Beugungs-, Brechungs- oder Absorptionsversuche, welche jeder genaueren optischen Untersuchung vorangehen, sind es nun aber vorzugsweise, welche als Taschenspielerstückchen, als unnöthige Complicationen der Erscheinung verdächtig gemacht worden sind. Daß man, wenn man den Ton eines musikalischen Instruments beurtheilen will, sich nicht in den Lärm der Straßen begiebt, wird Jeder natürlich finden. Ist es denn so schwer zu begreifen, daß, soll ein Schwachleuchtendes beurtheilt werden, man in ein dunkles Zimmer tritt, um das volle Tageslicht abzuwehren?

„Will Jemand Gegenstände aus einander legen, so wird er, ist nur ein geringer Raum vorhanden, sie schmal nehmen müssen, sollen sie nicht über einander greifen. Braucht man nun wohl ein Mathematiker zu sein, um den Grund einzusehen, warum bei prismatischen Versuchen die Spalte, durch welche das Licht einfällt, keine große Breite haben darf?

„Aber wozu dieser Weg durch Experimente? Warum bleibt ihr nicht bei der einfachen Beobachtung stehen? fragt man. Die Antwort ist leicht: ist ein Erkennen in irgend einem andern Gebiet möglich, ohne eine geistige Wiedergeburt des Gegenstandes, den wir erst zertrümmern müssen, um seine gelösten Glieder zu einem neuen Ganzen wieder zu verbinden? Haben die Griechen, so vertraut mit den Erscheinungen des Gewitters, wohl darum gelernt, was Elektricität sei? Erkannten sie wohl darin das Walten der Psyche, welche Thales dem Bernstein zuschrieb? Oder fand nicht erst Wall das Rechte, der, als er das erste Fünkchen an einem geriebenen Körper bemerkte, ausrief: „das scheint mir einigermaßen Donner und Blitz vorzustellen.

„Erfährt man etwas Wesentliches vom Lichte, wenn man starr in die Sonne sieht? Und was sind außerdem unsere complicirtesten Versuche anders als Erscheinungen, welche die Natur selbst hervorbringt? Ist nicht der Regenbogen ein prismatischer Versuch, das Auge eine Camera obscura mit einer aplanatischen Linse bester Form, die Perlmuttermuschel ein Reflexionsgitter? Kann man die Augen niederschlagen, ohne durch die dioptrischen Gitter der Augenwimpern Beugungsspectra zu erzeugen? Ist nicht in dem blauen Himmel ein Polarisationsspiegel ausgespannt von der mächtigsten Wirkung, ja hat nicht in den idiocyclophanischen Krystallen die Natur die Gesetze der krystallographischen Optik im Voraus entwickelt, ehe noch ein Auge sie wahrgenommen?"

Diesem von der Natur vorgeschriebenen Wege müssen wir folgen, trotz Göthe und Hegel und ihrer Anhänger, denn obschon nicht zu leugnen ist, daß der rastlos strebende Geist des großen Dichters vieles Neue gefunden, gesehen, zuerst ausgesprochen hat, so ist doch die Grundidee desselben,

: Farbenerſcheinungen entſtänden durch das Uebereinanderſchieben von Hell
d Dunkel, durch ein beleuchtetes trübes Mittel mit einem hellen oder
ıklen Hintergrunde, eine vollſtändig falſche, auf einer vorgefaßten Meinung
uhende Anſicht, welche dennoch immer wieder und mit unbeugſamer
rtnäckigkeit vorgetragen wird.

Ganz anders handelt der große Newton da, wo er nicht etwas er-
ren kann. Er hatte die Farbenringe entdeckt, welche man ihm ſo viel
ndertmal zum Vorwurf macht, weil er ſie Anwandlungen des Lichtes
ınt; ſie entſtehen, wenn man ein convexes Glas von ungemein langem
cus auf ein flaches Glas legt und beide gleichmäßig gelinde an einander
ickt. Man ſieht in der Mitte, wo das erhaben geſchliffene Glas auf
n ebenen liegt, einen dunklen Fleck ohne alle Farbe, darum aber concen-
ſche Ringe, welche zunächſt des Berührungspunktes am breiteſten ſind,
nn aber, wie ſie größer werden, auch immer mehr an Breite verlieren.
ie Farben gehören ſämmtlich dem Regenbogen an und ſind, wiewohl das
ıze Bild nicht größer als ein Pfenning iſt, doch ſehr entſchieden und von
n prächtigſten Glanze.

Wir wiſſen jetzt, wie dieſe Farben entſtehen; das dünne Scheibchen
ſt, welches zwiſchen den beiden Gläſern befindlich, bringt ſie hervor, indem
die beiden ſpiegelnden Flächen der Gläſer trennt und die reflectirten
htſtrahlen verſchiedene Wege zu machen veranlaßt, durch deren Zuſammen-
ffen die Farben entſtehen.

Newton, der dies nicht wußte, ſagt aber: „ich finde am Lichte pe-
diſche Neigung (Anwandlung), in das Innere eines Körpers einzudringen,
r von ihm reflectirt zu werden"; er verſucht keine Erklärung, er trägt
ſach die Thatſache vor, die er nicht erklären kann, aber aus dem engliſchen
orte fit, welches er braucht und welches man wahrſcheinlich ſehr ohne ſeine
ſtimmung mit „Anwandlung", Verrücktheit, Narrheit, Einfall, Laune,
erſetzt, da es doch eben ſo gut Neigung, Hinneigung, Trieb, Drang heißt,
den Ignoranten, die nie eines der Phänomene, von denen hier die Rede
, geſehen, ja nicht einmal davon gehört, als über eine Abſurdität von
m herein die Achſeln mitleidig gezuckt. Das iſt ganz in der Ordnung,
m dazu ſind ſie da, ſich zur Freude und Anderen zum Amüſement.
aß aber Newton ein ſolches Problem ohne den Verſuch einer Löſung
nen Nachfolgern überließ, war ein Unglück für die Wiſſenſchaft. Wer
llte ſich an eine Aufgabe wagen, die er auf dieſe Weiſe aufgegeben hatte?
s gelang dies erſt am Anfange des jetzigen Jahrhunderts dem als Arzt
nd als Entzifferer der egyptiſchen Hieroglyphen (zu deren phonetiſcher Löſung
: die koptiſche Sprache mit Glück anwandte) berühmten Thomas Young

(ſtarb in Genf 1829), welcher auch als Naturforſcher Bedeutendes
hat. Er that dar, was 150 Jahre vor ihm ſchon Grimaldi an
hatte, daß Licht zu Licht gefügt Dunkelheit hervorbringen könne, in
den oben beſchriebenen Gangunterſchied zwiſchen zwei Lichtſtrahlen n
und die Wellenlänge des Lichtes im Allgemeinen, ſo wie die Well
der einzelnen Farben beſtimmte, worauf ſich denn ſogleich ergab, d
verrufenen Launen und ſonderbaren Einfälle des Lichtes ſich auf Br
der Wellenlänge reducirten.

„Wenn man die ungeheure Kluft bedenkt, welche die Anſich
jetzigen Phyſiker über das Licht von den Vorſtellungen trennt, wel
Göthe darüber gebildet hatte, ſo iſt es um ſo erfreulicher anzue
daß Göthe, Newton gegenüber, eine dunkle Ahnung von dem R
hatte. Der Nerv ſeiner Betrachtung beſteht in der Anerkennung von
bildern und ihrer Wirkung auf einander. Er beginnt damit, auf die
Bilder aufmerkſam zu machen, welche von der Vorder- und Hin
eines Spiegels entſtehen; aber dies iſt ihm nur ein Gleichniß, ein An
um die prismatiſchen Verſuche auf ein einfaches Schema zurückzu
Young geht auch von denſelben Doppelbildern aus, allein er ben
ihnen das wahre Urphänomen der optiſchen Erſcheinunge
Interferenz, er zeigt, daß an der Vorderfläche jener trennenden Lu
darum Dunkel entſteht, weil das von der Hinterfläche reflectirte Li
ſammentreffend mit dem von der Vorderfläche reflectirten, dieſes aus
daß hingegen beide ihre Wirkung addiren, wenn das Licht des Neb
auf einem etwas längeren Wege zu dem Lichte des Hauptbildes
Dieſes Aufeinanderwirken zweier Bilder war, als Göthe ſeine Farl
publicirte, das bereits ſeit acht Jahren innerhalb der Wiſſenſchaft
ſprochene, wenn auch nicht im Detail aller Erſcheinungen gelte
machte Prinzip; er ſtand alſo dem damaligen Entwicklungsgan
Wiſſenſchaft nicht ſo fern als er glaubte. Statt ſich aber ihm anzuſ
oder wo möglich ſeiner zu bemächtigen, beruhigte er ſich in der
Wiederholung ſeiner Erklärung der Himmelsbläue, deren Unrichtigk
beweiſen läßt.“*)

Jene wichtige Interferenzerſcheinung iſt alſo mit dem ungleichen
erklärt, anders iſt es mit dem Bilde, welches entſteht, wenn man d
bigen Ringe im durchgelaſſenen Lichte betrachtet, d. h. wenn man die S
ſcheibe und das äußerſt wenig convexe Glas gegen das Licht hält, ſta
davon zurück ſtrahlen zu laſſen. Hier kommt nämlich ſowohl direct

*) Dove a. a. O.

aſſenes als auch zweimal geſpiegeltes Licht zur Wirkung. Der eine Strahl
lt auf die erſte Oberfläche des Convexglaſes, ein Theil davon wird re-
ctirt, der Reſt durchdringt das Glas und geht an die zweite Oberfläche,
r wird abermals eine Portion des auffallenden Lichtes reflectirt und der
ſt geht hindurch, wobei er die dünne Luftſchicht durchdringt, welche in
n erſt betrachteten Falle die farbengebende war.

Was nach zweimaligem Abzug durch den Reflex übrig bleibt von dem
prünglichen Lichte, gelangt nunmehr an das Planglas, an deſſen erſter
erfläche abermals ein Theil reflectirt wird (derjenige, welcher im zurück-
vorfenen Lichte die Farbenringe bildet), indeß der Reſt in die Glasfläche
dringt, aber auch dieſer dritte Reſt geht noch keineswegs ungeſchwächt
durch, er findet in der zweiten polirten Fläche des Planglaſes noch einen
piegel, von welchem abermals etwas zurückgeworfen wird, ſo daß ſchließlich
r ein viermal durch Reflex geſchwächter Antheil des urſprünglichen Licht-
ahles durch die beiden Glasplatten und ihre vier Oberflächen (welche alle
egelnd ſind) dringen kann.

Allein dies kann noch keine Farbenringe bilden; wir brauchen noch
en zweiten Lichtſtrahl, der mit dem erſten zuſammenwirkt und doch nicht
t ihm zuſammenläuft, ſondern um ein Bruchtheil einer Wellenlänge von
n verſchieden iſt. Dieſen erhalten wir aus jenem Lichte, welches nach
rchſchreitung der Convexlinſe auf das Planglas fällt und von dieſem re-
ctirt zu der unteren Oberfläche der Convexlinſe zurückkehrt, dort abermals
n Theile nur durchgelaſſen, zum anderen Theile aber wieder auf das
anglas geworfen wird, deſſen Maſſe es zwar nicht ohne abermalige Ver-
te von ſeinen beiden Flächen, aber doch endlich ſo weit durchdringt, um
t dem erſten nur viermal durch Reflex geſchwächten Lichtſtrahl (ſelbſt
hsmal geſchwächt) zuſammenzuwirken, wodurch eben die farbigen Ringe
ch im durchgelaſſenen Lichte entſtehen, welche zwar gerade diejenigen Farben
thalten, die an den entſprechenden Stellen der Ringe im reflectirten Lichte
ſlen, welche aber um der vielfachen Schwächung willen ſo matt ſind, daß
on ein geübtes Auge dazu gehört, um ſie zu erkennen und ſie zurecht
legen.

Sind die dünnen Blättchen überall von gleicher Dicke, ſo werden die
rben nicht verſchieden, ſondern überall gleich ſein, ſolche erhält man auf
änzend polirten Metallen durch gleichmäßiges Erhitzen (Anlaufen des
tahles), welches nach der größeren oder geringeren angewandten Wärme
elb, Orange, Purpurroth und ein prachtvolles dunkles Violett giebt oder
rch galvaniſchen Niederſchlag, wie Nobili gelehrt hat. Eine techniſche
nwendung haben beide Methoden der Färbung gefunden, die eine, indem

man dem Stahl der Degenklingen, der Uhrfedern, der Sägeblätter, jene prächtigen Farben giebt, theils um sie schöner aussehend zu machen, theils um diesen Stahlwaaren die zu große Härte durch die der Färbung vorangehende Erhitzung zu nehmen. Die galvanische Färbung wird auf polirtem Messing, Rothguß, Weißguß ꝛc., bei Gegenständen wie z. B. Glocken, Knöpfe angewendet, bloß um sie schöner aussehen zu machen. Nobili entdeckte dieses Mittel der Färbung, indem er ein polirtes Metall mit einem Pol eines galvanischen Elementes verband, dasselbe in eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd legte und nun den andern Pol des Elementes in die Flüssigkeit und zwar bis in die Nähe (aber nicht bis zur Berührung) des polirten Metalles brachte, worauf das Blei sich in concentrischen Kreisen von schönen lebhaften Farben auf dem polirten Metall niederschlug. Technisch angewendet kann der Ueberzug beinahe einfarbig erhalten werden, was denn eben von der Gleichmäßigkeit der aufgetragenen Schicht herrührt.

Zu den physikalischen Eigenschaften des Lichtes gehört auch die Farbengebung durch nicht parallel begrenzte, durchsichtige Substanzen.

Das Prisma ist ein mathematischer Körper, welcher von lauter Parallelogrammen gebildet und von zwei Grundflächen geschlossen wird, deren Seitenzahl gleich ist der Zahl der Parallelogramme, welche das Prisma bilden. Ein solches Prisma kann also wenigstens drei, es kann aber auch vier, fünf, fünfzig, fünfhundert und zehntausend Seiten haben, kurz beliebig, ja unendlich viele. Ist dies Letztere der Fall, so kann man das Prisma als einen Cylinder betrachten, gerade so wie man den Kreis als ein Vieleck von einer unendlich großen Anzahl Seiten betrachtet. Bei dem Lichte wendet man jedoch nur das Prisma an, welches von drei Parallelogrammen begrenzt ist, also ein sogenanntes dreiseitiges (man sollte sagen ein fünfseitiges, denn es gehören ja auch die beiden dreieckigen Grundflächen dazu, diese aber zählt man bei Bestimmung des Prisma's niemals mit, sondern nur die Parallelogramme, weil sie allein die auf das Licht wirkenden sind).

Außer der Zahl der Seiten bestimmt man auch noch den Winkel, unter welchem die beiden Hauptflächen des Prisma's, welche man vorzugsweise gebraucht, gegen einander geneigt sind. Am häufigsten braucht man ein Prisma, dessen Grundflächen gleichseitige Dreiecke sind, alsdann sind nach einem bekannten mathematischen Satz auch die Winkel alle drei einander gleich und sie betragen (da die Summe aller Winkel in einem Dreieck gleich zweien rechten ist) zwei Drittheile eines rechten ein jeder; in Graden ausgedrückt hat jeder dieser Winkel 60 derselben (90 Grade hat ein rechter Winkel).

Solche Prismen wendet man jedoch nicht gern an und der Laie sollte

am wenigſten thun, weil es hierbei viel ſchwerer iſt, den brechenden
inkel in die richtige Stellung zu bringen, da jeder der drei Winkel als
ſolcher betrachtet werden kann, hat das Prisma aber einen Winkel von
bis 45 Graden, ſo genügt es zu allen Verſuchen, welche nicht vom
thematiſchen Calcul begleitet ſind und um die Farbenerſcheinungen in
em ſchönſten Glanze kennen zu lernen, braucht man nur einen von jenen
ifeitigen Behängen zu nehmen, welche, aus dem reinſten Kryſtallglas ge-
cht, angewendet werden, um die Kronleuchter damit zu zieren, ſtatt der
lfältig facettirten Berloques, welche man ſonſt dazu anwendete; ſie bieten
gemein ſchöne Farbenerſcheinungen und koſten doch nur äußerſt wenig.
r zwölfte Theil eines Thalers iſt der Ladenpreis für ein ſolches Prisma,
nn man es neu kauft.

Stellt man ſich in den Hintergrund eines Zimmers und ſieht man
ch den Fenſtern durch ein ſolches oder ein anderes Prisma, ſo daß der
chende Winkel (ſo heißt derjenige, in welchem die beiden Flächen zuſam-
nſtoßen, durch die man ſieht) nach unten gerichtet iſt, ſo erblickt man vor
en Dingen die prachtvollſten Regenbogenfarben von einer Tiefe und In-
ſität, von einer Kraft und Sattheit, wovon kein Menſch auf Erden ſich
e Vorſtellung machen kann (denn ſelbſt der herrlichſte Regenbogen hat
ht dieſen blendenden Glanz der Farben) und welche kein Maler auf Erden
geben im Stande iſt, ſollte er auch ſeinen Pinſel in das Morgenroth
er in die tropiſche Abendſonnengluth tauchen können wie Hildebrandt,
n die Palette bietet dieſe Farben nicht dar; kein Mineral, kein Pflanzen-
ft giebt dieſelben — was iſt das Blau des ſchönſten indiſchen Raben neben
m Blau des Flintglasprisma, was iſt die Pracht einer der ſchönen Blumen
r heißen Zone, des wundervollen Roth und Amaranth des Cactus speo-
osus neben dem Roth des Prisma's, kaum iſt das Purpurviolett des
ddampfes an Intenſität mit dem Violet des gebrochenen Lichtſtrahls zu
rgleichen, an Glanz, an leuchtender Helligkeit ohne dies nicht. Allein
thig iſt allerdings, daß, wenn man die Farbe in ihrer vollkommenen Schön-
it ſehen will, das Prisma von Flintglas ſei, welches bei Weitem ſchönere
rſcheinungen giebt als das gewöhnliche grünliche Glas, welches wir unter
m Namen Fenſterglas zu unſeren weißen Fenſterſcheiben brauchen, indem
es die Farben bei Weitem weniger zerſtreut als das ſtärker brechende
lint- oder Kryſtallglas.

Sieht man, wenn der Brechungswinkel nach unten gerichtet iſt, nach
n Querſtäben des Fenſters, welche auf dem hellen Grunde der Scheibe
nkel erſcheinen, ſo erblickt man vorzugsweiſe dieſe Stäbe gefärbt und zwar
, daß ſie unten gelb und roth, oben blau und violett erſcheinen; das ganze

Bild iſt aus ſeiner Richtung verſchoben, es erſcheint viel tiefer ſtehe es in der Wirklichkeit iſt und es hat die gedachten farbigen Umſchrän Das erſte Phänomen nennt man die Brechung (wovon wir ſpäter b mathematiſchen Eigenſchaften des Lichtes ſprechen werden), das ande Farbenzerſtreuung. Betrachtet man den unbewölkten blauen Himm wird man vergeblich nach Farben ſuchen; betrachtet man eine große, farbige Fläche, etwa die Seitenwand eines Hauſes, an welcher keine die Einheit der Fläche unterbrechen, ſo ſieht man auch nichts von F bis man mit ſeiner Betrachtung an die Grenzen der Fläche kommt, i Himmel mit Wölkchen oder Wolken bedeckt, ſcheidet das Haus gegen beſchatteten oder helleren Hintergrund ab, ſo wird man ſofort überal Helles und Dunkles an einander ſtößt, Farben erſcheinen ſehen.

Dies iſt die Stütze der Göthe'ſchen Farbenlehre und weil er Recht hat, glaubt er in allen andern Dingen auch Recht zu haben. E hatte von den prismatiſchen Farben gehört. Der allgemeinere Au dafür war: „wenn man durch ein Prisma ſieht, ſo erblickt man die G ſtände in den Regenbogenfarben.“ Er lieh ſich ein ſolches Prism einem Bekannten, daſſelbe wurde in Papier gewickelt abgegeben, blieb lange Zeit, Jahre lang liegen, bis der Darleiher es wieder forderte. längſt vergeſſene kam dem großen Dichter nunmehr wieder zu Sin ſuchte das Prisma aus der Ecke ſeines Schreibepultes, woſelbſt es ſo unbeachtet gelegen, hervor, wickelte es aus ſeiner Papierhülle und einmal hindurch. Er ſah nach einem großen Fenſter, deſſen breite Scheiben mit dem dunklen Holzkreuz einen ſehr guten Gegenſtand f Beobachtung boten.

Zu ſeiner Ueberraſchung ſah er die Scheiben farblos und n Querlinien der Sproſſen gefärbt. Farbige Bilder und gefärbte R Das iſt doch nicht einerlei, die Gelehrten haben falſch geſehen, die ſind gar nicht gefärbt, nur an denjenigen Stellen, wo Helles und T an einander grenzt, erſcheinen die prismatiſchen Farben; man muß Irrthum der Zunftgelehrten doch aufdecken! So ſprach Göthe z wickelte das Prisma wieder ein, um es dem Darleiher zurückzuſtellen, ſich ſelbſt ein paar verſchiedene und ließ ſich auch ein Waſſerprisma n ſtellte eine höchſt intereſſante Reihe von Beobachtungen an und gab Jahre ſpäter ſein zweibändiges Werk „zur Farbenlehre“ heraus, wel viel von ſich reden machte, daß er ein paar philoſophiſche Schulen einander und die Philoſophen mit den Phyſikern überhaupt in einen ſpalt brachte, welcher noch nicht ganz erloſchen iſt.

Den Vorgang, wie er eben erzählt, hat der Verfaſſer aus dem

[redacted]s geehrten Lehrers, des unlängst verstorbenen, damals noch frischen, [redacted]uskräftigen und heitern Erman, welcher davon sehr wohl unterrichtet [redacted] konnte.

Göthe baute hierauf eine sogenannte Theorie von trüben Mitteln mit [redacted]n und dunklen Hintergründen, von einem Verschieben des Hellen über [redacted] Dunkle und des Dunklen über das Helle und fand schließlich ein be[redacted]deres Gefallen daran, Schlegel's „göttliche Grobheit" gegen die zünf[redacted], schustermäßigen Physiker zu üben, ganz vergessend, „daß Grobheit der [redacted] Beweis sei, daß es an besseren Beweisen mangle", wie Jean Paul [redacted] treffend sagt.

Es hat diese so wie sein äußerst vornehmes Wesen (durch welches [redacted]sonen, die gewohnt waren, sich imponiren zu lassen, eingeschüchtert wer[redacted] konnten) doch zu nichts weiter geführt, als daß man den einzig rich[redacted]n Weg, den der vorurtheilsfrei angestellten Versuche, auch ferner wandelte [redacted]schon Göthe sich gerade hiergegen wehrte und Versuche dem Lichte an[redacted]hane Martern und Torturen nannte), wodurch man denn endlich zu der [redacted]igen Lehre gekommen ist, welche von der Newton'schen so bedeutend [redacted]weicht, obwohl es lange gewährt hat, ehe die älteren Physiker ihre An[redacted]hten aufgaben, und die altersmorsche Burg, welche Göthe mit so viel tref[redacted]der Laune schildert, den Siegern überließen. Newton's Emissionstheorie [redacted]te Huyghen's Entdeckungen vergessen machen und sie war nicht durch [redacted]uler's Angriffe erschüttert worden, La Place und Biot waren ihre [redacted]ntschiedensten Vertheidiger und Malus, der Entdecker der Polarisation des [redacted]chtes, entschied sich doch für sie, obschon die Polarisation selbst die besten [redacted]eweise gegen sie liefert; ja Brewster, an dessen Namen sich alle empi[redacted]schen Fortschritte der Optik knüpfen, rief — zuletzt noch ganz allein [redacted]hend — unwillig aus: „er wenigstens wolle nicht vor dem neuen Altare [redacted]er Wellentheorie knieen."*)

Kehren wir zu dem Prisma zurück und betrachten wir die dunkle Sprosse zwischen zwei hellen Feldern eines Fensters, so finden wir, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, das Bild erstens weit von seinem Standorte nach unten verschoben, dann sehen wir den unteren Rand der dunklen Sprosse auf das Lebhafteste in Gelb und Hochroth, den oberen Rand in Dunkel und Hellblau leuchten. Das Entgegengesetzte tritt ein, wenn der brechende Winkel nach oben gerichtet ist, dann sieht man Gelb und Roth oben, das Blau aber unten.

Ist die dunkle Leiste schmal, so nähert sich das Blau dem Hochrothen,

*) Dove a. a. O.

daraus entſtehen zwei andere überaus prächtige Farben, ein wunderſchönes leuchtendes Carminroth und ein intenſives Violett.

Macht man denſelben Verſuch mit einer weißen Leiſte auf dunklem Grunde, ſo erhält man unten nicht Gelb, ſondern Blau, ſtatt des Blau aber, was bei dem früheren Verſuch oben war, tritt dort das Hochroth und Gelb hervor. Iſt der Streifen, den man beobachtet, ſchmal, ſo entſteht eine andere Miſchungsfarbe; früher vereinigte ſich das Dunkelroth mit dem Dunkelblau zum Violett, jetzt vereinigt ſich das Hellgelb mit dem Hellblau zum ſchönſten Grün.

Mit mehr Sicherheit laſſen ſich die Verſuche ohne Hülfe der Fenſterſproſſen auf dem Tiſche im reinen Tageslichte machen. Man legt einen ganz ebenen Bogen weißes Papier und einen eben ſolchen (ungefalteten oder gebrochenen) Bogen von mattem Schwarz auf einen Tiſch in der Nähe eines Fenſters, ſo daß die volle Tageshelle darauf fällt und auf den weißen Bogen bringt man einen Streifen ſchwarzes Papier, auf den ſchwarzen Bogen einen eben ſolchen von weißem Papier. Nun betrachtet man dieſe Streifen durch das Prisma aus der Entfernung von ungefähr 4 Fuß und man wird dann allemal die gedachten Erſcheinungen ordnungsgemäß wiederholen können (wobei es zu vermeiden iſt, daß die Sonnenſtrahlen direct auf das Papier fallen, weil dies dem Auge zu weh thut).

Iſt der brechende Winkel unten, ſo hat man bei Weiß auf Schwarz den gelbrothen Saum oben und den hell- und dunkelblauen unten, dabei iſt Roth und Dunkelblau immer an den äußerſten Grenzen des weißen Streifens, die hellen Parthieen von Gelb und Blau greifen alſo über einander und geben hier das ſchöne Grün. Macht man die Streifen breiter, ſo wird das Grün immer blaſſer und verwaſchener und endlich tritt das Weiß in der Mitte des Streifens rein hervor, es verſchwindet das Grün ganz und gar aus der Reihe der wahrnehmbaren Farben.

Liegt dagegen ein ſchwarzer Streifen auf weißem Papier, ſo tritt erſtens der rothe Rand unten, der blaue oben auf, zweitens ſind das die hellſten Schattirungen, welche an den Rändern ſichtbar werden, das Gelb unten verläuft in ein nach und nach immer mehr verdünntes Citronengelb, das Blau oben wird himmelblau und zuletzt ſo blaß, daß es auch gleich dem Gelb mit dem Weiß des Papiers verläuft. In dieſem Falle iſt von Grün in den Farbenrändern keine Spur zu ſehen.

In der Mitte des ſchwarzen Streifens aber, wo die dunklen Schattirungen an einander grenzen, ſieht man das prachtvollſte klare Purpurroth entſtehen, dem ſich nach unten zu das Orange und nach oben das dunkle

Violett anschließt, welche aus Roth und Gelb einerseits, aus Roth und Blau andererseits entstehen.

Ist in dem vorliegenden Falle des schwarzen Streifens auf weißem Grunde derselbe breit (es läßt sich ein Maß in Zollen gar nicht angeben, weil es ganz auf die Entfernung des Auges und Prisma's, auf die Größe des Winkels dieses letzteren und dann in Verbindung hiermit erst auf die Ausdehnung der Streifen ankommt), so sieht man nur die Randfarben, Gelb und Orange, Hell- und Dunkelblau, das Roth kann sich aber mit dem Blau nicht vereinigen, man sieht also das Violett nicht.

Die Lebhaftigkeit des Lichtes entscheidet für die Pracht der Farben, dieselben werden um so viel schöner, je heller das Papier im Lichte liegt, leuchtend werden sie, wenn die Sonne darauf scheint, man vermeidet dies nur so viel als möglich, weil, wie schon bemerkt, das Auge darunter leidet.

Nach allem Gesagten wird man bereits herausgefunden haben, daß es sich vorzugsweise um ein Farbigwerden der Ränder handelt, betrachtet man die Erscheinung mit der nöthigen Aufmerksamkeit, so sieht man noch, daß vorzugsweise nur die oberen und unteren Ränder die gefärbten sind, nicht die Seiten. Allein auch dies ist noch nicht das Rechte, sobald man nämlich das Prisma schief hält, werden auch die Seitenränder der Gegenstände gefärbt und endlich, hält man das Prisma senkrecht vor das Auge, so sind nur die senkrechten Ränder gefärbt, nicht aber die horizontal laufenden.

Dies führt dann zu dem Schlusse, daß die Farbengebung nur in der Richtung stattfinde, in welcher der brechende Winkel liegt, durchaus nicht in derjenigen, welche man als die Länge des Prisma's bezeichnen kann, von einer der Grundflächen zur andern. Sind aber die Flächen, die man betrachtet, von schrägen oder runden Linien begrenzt, oder liegen die geraden Linien nicht senkrecht gegen den brechenden Winkel, so zeigen sich die Farben rundum an allen Rändern. Was sich gleichzeitig immer auch noch zeigt, ist eine Verunstaltung der Gegenstände; ein aufrecht stehender, schmaler Gegenstand wird noch viel länger, ein liegender, breiter Gegenstand wird noch viel dicker, als er ohne Prisma betrachtet erscheint, oder umgekehrt wird der lange Gegenstand breiter und der dicke wird schmaler und länger, je nachdem man den brechenden Winkel mit der einen oder der andern Dimension der Figur parallel hält. Am leichtesten orientirt man sich, wenn man einen Kreis von dunklem, einfarbigem Papier auf ein Blatt weißes Papier legt. Durch das Prisma betrachtet, wird aus dem Kreise unter allen Umständen eine Ellipse und zwar wird man, wie das Prisma auch vor das Auge gehalten werden möge, immer wahrnehmen, daß die Verlängerung des Kreises zum Oval stets in der Richtung des brechenden Winkels stattfinde;

hält man nun das Prisma quer vor die Augen, ſo wird die Ellipſe zu ſtehen ſcheinen, ſteht dagegen das Prisma ſenkrecht, ſo liegt das Oval wie ein Ei auf dem Tiſche.

Zur Farbengebung ſind übrigens nicht bloß ſchwarze Gegenſtände auf weißem Grunde oder weiße auf ſchwarzem Grunde erforderlich, es genügt überhaupt eine Farbenverſchiedenheit, ja nur eine Schattirung. Es ſieht z. B. eine klare Fenſtergardine von brochirtem Mouſſelin ganz weiß, aber mit eingewirkten (auch weißen) Blumen gemuſtert, durch ein Prisma wunderſchön buntfarbig aus; ein Zeug, ſo gewebt wie ein ſolcher Stoff durch das Prisma betrachtet ausſieht, würde vielleicht das Schönſte und Koſtbarſte ſein, was die fortgeſchrittene Technik auf Erden nur zu erzeugen vermöchte.

Die Verſuche, welche man, hindurchſehend, mit dem Prisma macht, nennt man ſubjective; diejenigen, bei denen ein Prisma angewandt wird, um Bilder, Farben ꝛc. zu zeigen, welche Gegenſtände einer Betrachtung durch viele Perſonen zugleich unterliegen können, heißen objective Verſuche; ein Unterſchied, welcher durch die ganze Phyſik geht, ein Schallverſuch, den nur Derjenige wahrnimmt, welcher ihn macht, iſt ein ſubjectiver (das Drehen der tönenden Stimmgabel vor dem Ohre); ein Verſuch, den alle Zuhörer mit vernehmen, iſt ein objectiver Schallverſuch (wenn eine tönende Stimmgabel über einer gleichgeſtimmten Röhre gedreht wird). Dergleichen objective Verſuche ſind vorzugsweiſe für Vorleſungen geeignet, für die Lehre vom Lichte gehören ſie zu den ſchönſten.

Einer der einfachſten Verſuche mit dem Prisma iſt die Entwerfung des Sonnenbildes auf einer dem Fenſter gegenüber liegenden Wand. Es bedarf dazu keines verfinſterten Zimmers, man kann alſo nicht ſagen, es ſeien dem Lichte Martern angethan, es ſei torquirt worden.

Durch das geöffnete Fenſter ſcheint die Sonne von dem unbewölkten Himmel in das Gemach, welches zu dem Verſuche dienen ſoll und deſſen Wände weiß ſein müſſen. In dem Falle, daß dieſes nicht gerade ſo wäre, hängt man ein weißes Tuch, ein Bettlaken an die dem Fenſter gegenüber ſtehende Wand.

In den Sonnenſchein hinein hält man ein Prisma mit dem brechenden Winkel nach unten; das auffallende Sonnenlicht wird dadurch abgelenkt, erhebt ſich und breitet ſich farbig aus und auf der weißen Wand erſcheint ein wunderherrlich gefärbter, ovaler Fleck, deſſen unterer Rand im tiefſten Purpur ſchimmert, indeß ein Wenig weiter aufwärts an dieſen Purpur ein brennendes Hochroth grenzt, das in Orange, in Chromgelb, in klares Citronengelb übergeht, worauf ein wundervolles Grün in verſchiedenen Schattirungen von Gelb und Blau folgt. Hieran ſchließt ſich ein unbeſchreiblich ſchönes,

durchſichtiges Himmelblau, welches weiter nach oben immer dunkler wird, in Indigoblau übergeht, worauf das Violett folgt, mit welchem das farbige Sonnenbild aufhört.

Kehrt man das Prisma um, ſo daß der brechende Winkel oben iſt, ſo geht das Bild abwärts und die Farbenſcala iſt umgekehrt, das Gelbe und Rothe iſt oben, Blau und Violett unten.

Will man mit und an dieſem Farbenbilde Meſſungen veranſtalten, ſo iſt allerdings die Verfinſterung des Zimmers nöthig aber nicht um das Licht zu martern und zu torquiren, ſondern um fremdes Licht abzuhalten, damit man die Beobachtung ſicherer, bequemer machen kann.

Fig. 313.

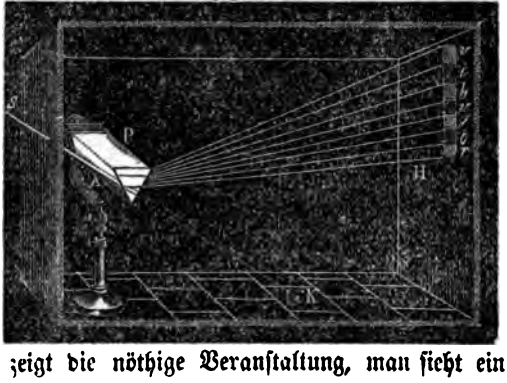


Fig. 313 zeigt die nöthige Veranſtaltung, man ſieht ein dunkles Zimmer, auf deſſen eine Wand die volle Sonne fällt. Eine Oeffnung von Kreisform, einen Zoll (auch zwei Zoll, falls das Prisma recht breit iſt) im Durchmeſſer haltend, geſtattet allein einem Lichtſtrahlenbündel SA Eingang in das dunkle Zimmer; dieſe Strahlen würden ohne Dazwiſchenkunft des Prisma's, in der Linie SA fortfahrend, den Fußboden bei K treffen, da jedoch ganz nahe der Oeffnung S das Prisma AP aufgeſtellt iſt, ſo hindert dies den geradlinigen Fortgang, die Strahlen werden gebrochen und erreichen die der Oeffnung gegenüber liegende Wand H, indem ſie ſich immer mehr und mehr ausdehnen und ſtatt eines runden, farbloſen Sonnenbildes ein je nach der Beſchaffenheit der Subſtanz oder der Form des Prisma's mehr oder minder langes, mehr oder minder ſchön gefärbtes Spectrum liefern.

Den Winkel betreffend, ſo brechen ſolche Prismen am wenigſten, welche den ſpitzeſten Winkel haben; würden die beiden Seitenflächen unter einem unendlich kleinen Winkel zuſammenſtoßen, d. h. in unſere Sprache überſetzt, würden dieſelben parallel ſein, ſo könnte gar keine Brechung ſtattfinden, ſondern die Strahlen würden ungebrochen durchgehen; wenn aber der brechende Winkel das andere Extrem erreicht, wenn er über einen rechten heraus-

ginge, so könnte ebenfalls keine Brechung stattfinden, sondern die Strahlen würden reflectirt, von der zweiten Fläche zurückgeworfen werden. In diesen weitläufigen Grenzen bewegt sich die Brechung. Hätten alle Substanzen gleiche Brechungskraft, so würde man einen Winkel als den größten und vortheilhaftesten angeben können, da dies jedoch nicht der Fall ist, so muß man für jede Substanz Wasser, Oel, geistige Flüssigkeiten, Krystalle, Glasarten, den vortheilhaftesten Winkel aufsuchen oder sich auf die bereits ermittelten Resultate anderer Forscher stützen.

Aehnlich ist es mit der Farbenzerstreuung. Eine Substanz thut dies mehr als die andere, Wasser zerstreut die Farbe sehr wenig, Terpentinöl viel mehr, der Diamant noch mehr; brennbare Körper, welche durchsichtig sind, bei Weitem mehr als nicht brennbare Körper. Auf Grund dieser Thatsachen schloß Newton, der Diamant müsse brennbar sein; lange bevor man wußte, daß er aus reinem Kohlenstoff bestehe und lange bevor man wußte, daß es Sauerstoff gebe und daß der Diamant im reinen Sauerstoffgas unter Verwandlung desselben in Kohlensäure, ohne Rückstand verbrannt werden könne. Wenn die Farbenzerstreuungskraft des Wassers 1 genannt wird, so ist die des gewöhnlichen Spiegelglases ungefähr 2 und die des schönsten Flintglases 3; auf dieser Verschiedenheit der Farbenzerstreuung, welche keineswegs gleich ist der Brechungskraft oder auch nur mit ihr parallel geht, beruht die Möglichkeit, Prismen zu verfertigen, welche den Lichtstrahl brechen, jedoch die Farben nicht zerstreuen (achromatische Prismen), von welcher Kunst (Achromasie) wir später sprechen werden.

Bleiben wir bei der vorhin betrachteten Figur stehen, so ist in den neben dem Spectrum gezeichneten Buchstaben die Farbenfolge angedeutet, ganz oben *v* Violett, dann *i* Indigo, weiter abwärts *b* Blau, dann folgt Grün, Gelb und endlich unten *o* Orange und *r* Roth.

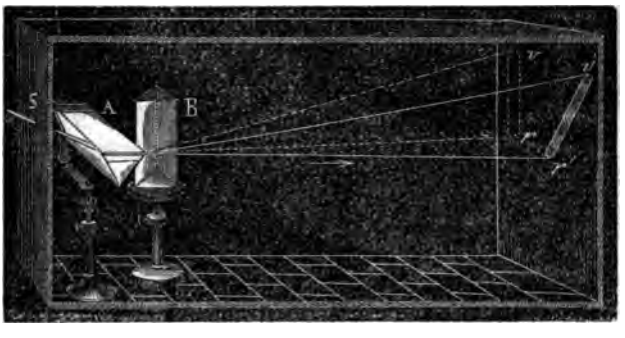
Die Zeichnung giebt zugleich die Art der Brechung an, jede Farbe hat eine von der andern verschiedene Brechbarkeit; Roth wird am wenigsten gebrochen, dann folgt Orange ꝛc.; Blau, Indigo und Violett werden am stärksten gebrochen; die Mitte des Spectrums nehmen Gelb und Grün ein.

Hält man zwischen das Prisma und die Wand einen dunklen Schirm mit einer etwa nur zölligen Oeffnung, so daß nur eine Farbe des Prisma's hindurch fällt, so wird diese durch ein zweites Prisma, welches man etwa in den Lauf dieses Strahles hält, nicht mehr verändert, zwar wird der Strahl von dem Orte, den er früher eingenommen hat, abgelenkt, allein Blau bleibt blau und Roth roth — es bekommt weder das eine noch das andere bunte Ränder oder auch nur Schattirungen derselben.

Abgelenkt aber werden durch das Prisma endlich alle Strahlen nach dem Verhältniß, in welchem sie ursprünglich gebrochen worden.

Bemerkt man sich die Stelle, wohin das Farbenbild durch ein quer vor die Oeffnung gehaltenes Prisma fällt, Fig. 314, durch ein paar Striche *r v* und stellt man nun neben das Prisma *A*, welches horizontal liegt, ein

Fig. 314.



anderes *B* von demselben Material, welches senkrecht steht, so daß der aus dem ersten Prisma ausgehende, bereits von seinem Wege abgelenkte und in Farben zerlegte Strahl auf das zweite Prisma fällt, so findet eine zweite Brechung statt und das Farbenbild folgt nicht den punktirten Linien, sondern den ausgezogenen, deren untere mit einem Pfeil bezeichnet ist. Dieses neue Spectrum *r' v'* steht, wie die Zeichnung, schräg und dunkel, allein es ist die Farbenfolge wie die einzelnen Farben nicht verändert, es hat keine neue Farbenzerstreuung stattgefunden, nur die Brechung ist gerade so vor sich gegangen, als ob jede einzelne Farbe des Lichtes die ihr durch Brechung zugehörige Stelle von Hause aus eingenommen. Violett ist am stärksten von *v* nach *v'* abgelenkt, wie es ursprünglich auch von seinem geraden Wege durch das erste Prisma abgelenkt worden ist, *r* ist nach *r'* am wenigsten abgelenkt, so wie Roth überhaupt schon durch das erste Prisma die geringste Ablenkung von seinem Wege erfahren.

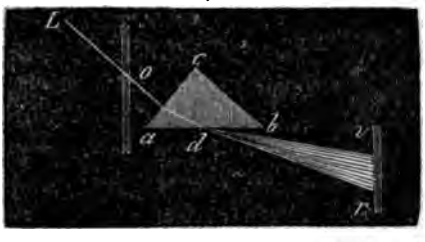
Man führt dieses Experiment als Beweis an, daß das weiße Licht aus den bekannten drei einfachen und den drei Mischungsfarben bestehe, daß diese Farben aber nun nicht ferner veränderlich seien, sondern jedem Zerstreuungsversuche trotzen, wenn sie schon den Brechungsgesetzen unabweislich folgten.

Auch hinsichtlich der Spiegelung findet für die einzelne Farbe ein eben solcher Unterschied statt, wie für die Brechung.

Läßt man einen Strahl *L* (Fig. 315, Seite 440) in ein verfinstertes Zimmer durch die Oeffnung *o* fallen, so daß er ein rechtwinkliges Prisma

abc auf einer an dem rechten Winkel liegenden Seite trifft (auf *ac*), so wird der Strahl innerhalb des Glases und noch mehr beim Austritt in die Luft gebrochen und er wird also ein sogenanntes Spectrum, ein Farbenbild geben.

Fig. 315.

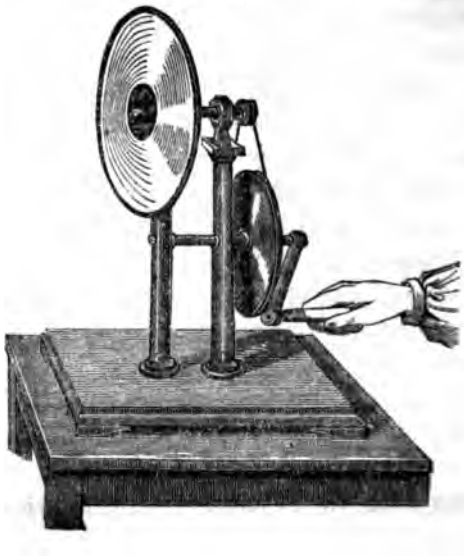


Wendet man das Prisma so um seine Axe, daß sich die untere Fläche *ab* immer mehr neigt, so daß *b* tiefer steht als *a*, so wird ein Zeitpunkt kommen, in welchem das Spectrum aufhört, vollständig zu sein; *v* und *r* bezeichnen die Grenzen und die Farben violett und roth — man wird nun zuerst das Violett verschwinden sehen, dann das Blau, hierauf das Hellblau und das Grün ꝛc., bis endlich eine Stellung des Prisma's eintritt, bei welcher man von dem früher bei *v r* sichtbaren Spectrum nichts mehr wahrnimmt. Dreht man das Prisma wieder zurück, so kommt das Roth zuerst zum Vorschein, wie es zuletzt verschwand.

Wenn man die Ausbreitung der verschiedenen Farben über die ganze Länge des Spectrums mißt, so kommt auf eine jede der Farben eine andere Breite und zwar, wenn man die ganze Länge des Spectrums in 360 Theile theilt, nach Fraunhofer's sehr genauen Versuchen auf Roth 56, auf Orange 27, auf Gelb eben so viel, 46 aber auf Grün, 95 auf Blau und 109 auf Violett, welches demnach die weiteste Erstreckung einnimmt.

Fig. 316.

Fig. 317.



lan kann nun, wie begreiflich, dieſelben Dimenſionen anwenden, um
reis damit einzutheilen, alsdann erhält man eine Scheibe, wie Fig. 316
7 dieſelbe darſtellt, von welcher 56 Grade für das Roth und
rade für das Violett in ſolcher Art aufgehen, daß die ganze Kreis-
in 6 ungleiche Sectoren getheilt iſt. Man kann dieſe Kreisausſchnitte
:en, möglichſt durchſichtigen Saftfarben bemalen und hat vorzugs-
rauf zu ſehen, die Farben ſchön, rein und nicht ſcharf abgeſetzt,
inander zu bringen, auch im Blau eine deutliche Schattirung aus
llen in das Dunkle nicht zu vergeſſen.

lan wird fragen, was hat es für einen Zweck, ſolche Malerei vor-
n? Es iſt einer von jenen durch Göthe und ſeine Anhänger viel-
rdächtigten und herabgewürdigten Verſuchen, welche wir durch dieſelbe
ten und auf welche, ſo wie auf die hier gegebene Figur, wir wieder
mmen werden.

ig. 318.

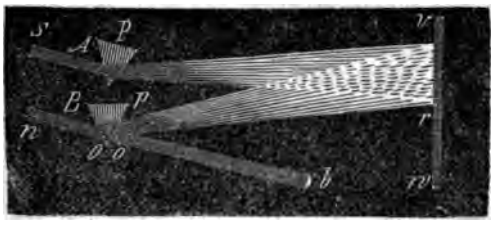
Man kann ſich das Farbenbild, welches durch eine kreisförmige Oeffnung, wie *II* in der nebenſtehenden Fig. 318 hervor gebracht wird, vorſtellen, d. h. wie ſechs verſchiedene Sonnenbilder *raav* entſtehen, ein jedes an einer andern Stelle der verſchiedenen Brechbarkeit und Farbe entſprechend; man kann ſich daſſelbe auch vorſtellen, wie *III* derſelben Figur, wo zwiſchen *rv* 12 ſolcher Kreiſe ſind. Schon die erſteren greifen deutlich ſichtbar über einander und es entſtehen daraus Miſchfarben, noch deutlicher
es bei der andern Zeichnung und man könnte die Zahl der Kreiſe
rächtlich vermehren und daraus die geradlinige Begrenzung herleiten,
lch ein Bild mit allen ſeinen Farben wieder auf weißes Licht zurück-
, dies würde dasjenige ſein, was Newton das Experimentum
nennt, ein vollkommen beweiſendes Experiment und er wählt dazu
ſchiedene Wege: er ſammelt die aus einander fahrenden Strahlen
n Brennglas zu einem runden Bilde, entſprechend der Oeffnung,
elche der Sonnenſtrahl eindrang, dies giebt ein ſchneeweißes, blen-
Licht, welches jedoch dem durch das dunkle Zimmer ohnedies ver-
und empfindlich gemachten Auge ſehr wehe thut; zweitens aber
t er das erſte objective prismatiſche Bild durch ein zweites Prisma

.

g. 319 (Seite 442) zeigt einen Theil des verdunkelten Zimmers, bei
ein Lichtſtrahl ein, er wird von dem Prisma *AP* aufgefangen,
n, die Farbenzerſtreuung findet ſtatt und es entſteht an der Wand

w das Farbenbild rv. Man ſtellt nun ſo nahe, wie ohne Störung möglich, unter das erſte Prisma ein zweites Bp, ſo daß ein in n befindliches Auge nach no hinſehend, vermöge der Brechung das Farbenbild rv ſehen müßte. Wird dieſe Bedingung erfüllt, ſo treten die aus einander gegangenen Strahlen durch die Brechung im Prisma wieder zuſammen und man ſieht nicht ein farbiges Bild in rv oder überhaupt an der Wand w, ſondern einen ganz weißen runden Fleck b in der Richtung der Linie nb, welche der Brechung entſpricht, die das Prisma ausübt.

Fig. 319.



Hier wäre nun wirklich das Verlangte erreicht und nachdem aus dem runden Sonnenbilde S durch das Prisma ein Farbenbild rv entſtanden (durch Farbenzerſtreuung), iſt dies Bild durch die entgegengeſetzte Operation wieder in ein rundes, weißes Sonnenbild verſammelt worden.

Allein dies iſt wieder ein halb ſubjectiver Verſuch, es ſieht dies nur Derjenige, der den Verſuch anſtellt. Die oben beſchriebene Farbenſcheibe, welche wir in Fig. 320 nochmals in anderer Faſſung geben, ſoll dazu dienen, die Erſcheinung von der Perſon unabhängig, vollkommen objectiv zu machen. Es ſind auf der vorliegenden Scheibe die Sectoren mit den Namen der Farben bezeichnet und dazu an dem Rande die Grade in Zahlen angegeben, welche der Breite des jedesmaligen Farbentones, der aufgetragen werden ſoll, entſprechen. Die Zahlen ſtimmen mit den vorigen nicht überein, es ſind die von Newton angegebenen, jene obigen ſtammen von Fraunhofer; es ſcheint jedoch ziemlich gleichgültig, welche Eintheilung man nimmt.

Fig. 320.

Kehren wir nunmehr zurück zu den auf der folgenden Seite wiederholten Fig. 321 und 322. Wir ſehen hier ein Geſtelle, welches aus zwei Ständern und einem Fußbrette beſteht und ein Rad und einen Schnurlauf trägt. Oben an der Spindel befindet ſich eine Schraube, durch welche die vorhin betrachtete Scheibe auf derſelben befeſtigt werden kann.

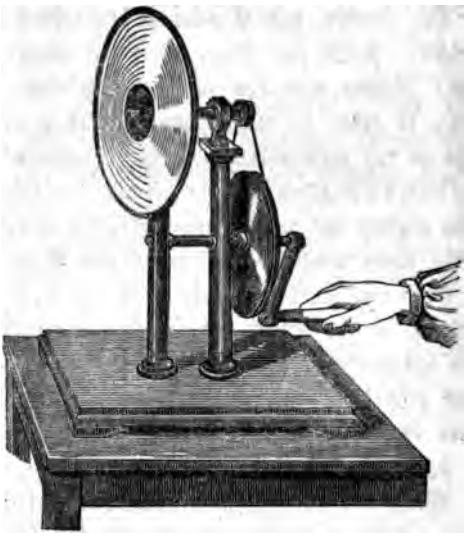
Dreht man nunmehr mittelſt der Handhabe das Rad um, ſo wird die Scheibe auf der Spindel um ſo viel ſchneller gedreht, als der Durchmeſſer des Schnurlaufs in dem Durchmeſſer des Rades enthalten iſt. Wenn, wie hier, die Rolle der Spindel nur ein $\frac{1}{6}$ von dem Durchmeſſer des Rades

hat, so wird bei einer Umdrehung des Rades die Spindel mit der darauf festsitzenden Scheibe sich sechsmal umdrehen.

Die farbigen Sectoren, deren 6 oder 7 sind, werden nun Anfangs

Fig. 321.

Fig. 322.



nur um ein Geringes über einander greifen und die Scheibe wird dadurch das schillernde und blendende Ansehen bekommen, welches wiederzugeben in der schönen, dem neuesten Werke des französischen Physikers Ganot entlehnten Figur, versucht worden ist. Sobald man schneller dreht, verschwinden die sämmlichen Sectoren, verschwinden alle Farben und man erhält diejenige Erscheinung, welche die mit dem Rade verbundene Scheibe (Fig. 322) zeigt, Weiß, das Göthe in seinem Eifer „ein niederträchtig Grau" nennt.

Wir brauchen uns mit Sr. Excellenz hierüber nicht zu streiten. Die Schattirungen einer und derselben Farbe sind so sehr verschieden, daß man erst durch den Stiftkasten der römischen Mosaik einen Begriff davon erhält — 30,000 verschiedene Farben zählt derselbe. Schnee-, Lilien-, Schwanen-, Schleh-, Blüthen-, Milch-, Perl-, Silber- und Kreideweiß, das sind alles Weiß für denjenigen, der eins davon sieht, legt man sie neben einander, so erscheint die Lilie gelblich, die Milch bläulich, das Silber grau u. s. w. So ist es auch mit diesem Weiß, welches auf einen Jeden, der es zum ersten Male sieht, den überraschendsten Eindruck macht; allein frisch gebleichten Battist darf man freilich nicht daneben halten, Schweizer Velinpapier eben so wenig; doch liegt die Schuld nicht an Newton, der uns etwas vorgelogen, sondern an unserer Technik, welche dergleichen Farben, wie sie

en die Oberteiche hinunter. Waren den Tag über bei dem gelb-
on des Schnee's schon leise violette Schatten bemerkbar, so
an sie nun für hochblau ansprechen, als ein gesteigertes Gelb von
uchteten Theile niederschien.
ls aber die Sonne sich endlich ihrem Niedergange näherte und ihr
: stärkeren Dünste höchst gemäßigter Strahl die ganze mich um-
Welt mit der schönsten Purpurfarbe überzog, da verwandelte sich
attenfarbe in ein Grün, das nach seiner Klarheit einem Meer-
ch seiner Schönheit einem Smaragdgrün verglichen werden konnte.
heinung wird immer lebhafter, man glaubte sich in einer Feenwelt
en, denn Alles hatte sich in die zwei lebhaften und so schön über-
enden Farben gekleidet, bis endlich mit dem Sonnenuntergang die
'cheinung sich in eine graue Dämmerung und nach und nach in eine
nd sternenhelle Nacht verlor."
ier der schönsten hellfarbigen Schatten kann bei dem Vollmond
t werden. Der Kerzen- und der Mondschein lassen sich völlig in's
wicht bringen, beide Schatten können gleich stark und deutlich dar-
verden.
geschieht dies auf folgende Weise: An ein offenes Fenster, in
der hoch stehende Vollmond scheint, legt man einen aufgespannten
Papierbogen, so daß der Mondschein ihn vollständig trifft und be-

itwärts stellt man eine gute, hell brennende Kerze so auf, daß sie
Mondschein steht, aber wohl den weißen Bogen beleuchtet. Wenn
1 einen Bleistift, eine Wachskerze (welche jedoch nicht brennt) oder
inen anderen länglichen Körper aufrecht vor den Bogen solcher Ge-
stellt, daß derselbe zwei Schatten giebt, einen von dem Lichte und
n dem Monde herrührenden, so wird man einen merkwürdigen und
ffallenden Farbencontrast an ihnen wahrnehmen; der Schatten, wel-
dem Mondlicht hervorgebracht wird, hat einzeln nichts Auffallendes,
e ist weiß, der Schatten so dunkelgrau, daß man ihn schwarz nennen
en so ist es mit der Lichtflamme; wirken aber beide gleichzeitig
elben Gegenstand, so tritt der Fall ein, daß der Schatten, den der
virft, von der Kerze beleuchtet ist und der Schatten, welchen
e verursacht, vom Mondlichte beleuchtet ist; nunmehr sieht man
ıb zwar ist der vom Mondlichte herrührende Schatten durch die Kerzen-
beleuchtet so hochgelb, daß man ihn orange nennen kann und der Schat-
chen die Kerze verursacht, der aber durch das Mondlicht beleuchtet ist,
im reinsten Blau. An der Stelle, wo die beiden Schatten sich kreuzen,

das Spectrum giebt, noch nicht erfunden hat — warum aber Sr. Excellenz der Herr Geheime Rath von Göthe dies helle Grau, dies Perlweiß eigentlich niederträchtig nennt und es niederträchtiger findet als ein anderes Grau, ist schwer zu ergründen.

Die Farben des Spectrums unterscheiden sich deutlich in reine und gemischte. Reine sind Blau, Roth und Gelb; gemischt Orange, Violett und Grün. Nimmt man von den drei einfachen Farben eine beliebige hinweg (Roth), so geben die beiden anderen (Blau und Gelb) eine gemischte Farbe, welche zu der dritten Farbe in einer unmittelbaren Beziehung steht. Man nennt diese die Ergänzungsfarbe, Complementarfarbe, weil sie das rothe Licht zum weißen ergänzt und durch Zusatz derselben zu dem rothen Lichte Weiß entsteht; dasselbe findet natürlich statt, wenn man Blau wegnimmt und sich aus Roth und Gelb eine Farbe gemischt denkt, diese ist dann die Complementarfarbe zu Blau, so wie Violett die Complementarfarbe zu Gelb ist. Diese Farbenpaare haben eine solche Verwandtschaft zu einander, daß sie dem getäuschten Sinne erscheinen, auch wo sie nicht sind, wo nur eine derselben wirklich vorhanden ist. Das schönste und ungezwungenste Beispiel der Erscheinung solcher Farbe ist folgendes:

Wenn der Morgenhimmel kurz vor Sonnenaufgang recht brennend roth, der übrige Himmel aber völlig unbewölkt, also klar und blau erscheint und man nun in der Nähe einer weißen, nach Morgen schauenden Wand steht, so daß die leuchtende Morgenröthe von dem Beschauer einen Schatten auf die Wand wirft, so wird man diesen Schatten entschieden blaßgrün und die ganze weiße Wand rosenroth sehen. Jemand, der von Ferne her auf die Mauer zuschreitet, sieht dieselbe weiß, sobald er seinen Schatten darauf erkennt, springt die Röthe der Mauer und das Grün des Schattens so lebhaft und deutlich hervor, daß auch der in Vorurtheile befangene Zweifler sogleich das Farbenspiel erkennt.

Die Mauer ist unzweifelhaft von dem vergoldeten Gewölk, das der Sonne vorher geht, roth beschienen, der Beschauer verhindert durch seine Anwesenheit da, wo sein Schatten hinfällt, das Auffallen der Röthe, hier müßte also das reine Weiß der Mauer zu sehen sein, statt dessen tritt die Complementarfarbe, es tritt das Grün auf.

Göthe erzählt vollständig naturgetreu und der Wahrheit gemäß in seiner Farbenlehre, § 75, wie folgt:

„Auf einer Harzreise im Winter stieg ich gegen Abend vom Brocken herunter. Die weiten Flächen auf- und abwärts waren beschneit, die Haide vom Schnee bedeckt, alle zerstreut stehenden Bäume und vorragenden Klippen, auch alle Baum- und Felsmassen völlig bereift. Die Sonne senkte sich

eben gegen die Oberteiche hinunter. Waren den Tag über bei dem gelblichen Ton des Schnee's schon leise violette Schatten bemerkbar, so mußte man sie nun für hochblau ansprechen, als ein gesteigertes Gelb von dem beleuchteten Theile niederschien.

„Als aber die Sonne sich endlich ihrem Niedergange näherte und ihr durch die stärkeren Dünste höchst gemäßigter Strahl die ganze mich umgebende Welt mit der schönsten Purpurfarbe überzog, da verwandelte sich die Schattenfarbe in ein Grün, das nach seiner Klarheit einem Meergrün, nach seiner Schönheit einem Smaragdgrün verglichen werden konnte. Die Erscheinung wird immer lebhafter, man glaubte sich in einer Feenwelt zu befinden, denn Alles hatte sich in die zwei lebhaften und so schön übereinstimmenden Farben gekleidet, bis endlich mit dem Sonnenuntergang die Prachterscheinung sich in eine graue Dämmerung und nach und nach in eine mond- und sternenhelle Nacht verlor."

Einer der schönsten hellfarbigen Schatten kann bei dem Vollmond beobachtet werden. Der Kerzen- und der Mondschein lassen sich völlig in's Gleichgewicht bringen, beide Schatten können gleich stark und deutlich dargestellt werden.

Es geschieht dies auf folgende Weise: An ein offenes Fenster, in welches der hoch stehende Vollmond scheint, legt man einen aufgespannten weißen Papierbogen, so daß der Mondschein ihn vollständig trifft und beleuchtet.

Seitwärts stellt man eine gute, hell brennende Kerze so auf, daß sie nicht im Mondschein steht, aber wohl den weißen Bogen beleuchtet. Wenn man nun einen Bleistift, eine Wachskerze (welche jedoch nicht brennt) oder irgend einen anderen länglichen Körper aufrecht vor den Bogen solcher Gestalt hinstellt, daß derselbe *zwei* Schatten giebt, einen von dem Lichte und einen von dem Monde herrührenden, so wird man einen merkwürdigen und höchst auffallenden Farbencontrast an ihnen wahrnehmen; der Schatten, welcher von dem Mondlicht hervorgebracht wird, hat *einzeln* nichts Auffallendes, die Fläche ist weiß, der Schatten so dunkelgrau, daß man ihn schwarz nennen kann, eben so ist es mit der Lichtflamme; wirken aber *beide gleichzeitig* auf denselben Gegenstand, so tritt der Fall ein, daß der Schatten, den der Mond wirft, von der Kerze beleuchtet ist und der Schatten, welchen die Kerze verursacht, vom Mondlichte beleuchtet ist; nunmehr sieht man Farbe und zwar ist der vom Mondlichte herrührende Schatten durch die Kerzenflamme beleuchtet so hochgelb, daß man ihn orange nennen kann und der Schatten, welchen die Kerze verursacht, der aber durch das Mondlicht beleuchtet ist, erscheint im reinsten Blau. An der Stelle, wo die beiden Schatten sich kreuzen,

wo weder von der Kerze noch von dem Monde eine Beleuchtung stattfindet, dicht an dem Bleistift oder was es sonst sei, ist der Schatten vollständig schwarz.

Wenn Taucher in einer Glocke sich in das Meer hinab lassen, so sehen sie alle Schatten prächtig grün, die lichten Stellen dagegen sind purpurfarbig. Auch hier, wie bei dem Schatten der Kerze, ist nur eine Farbe vorhanden, die andere, die geforderte, giebt sich von selbst. Etwas, davon man sich bei demselben Versuch mit zwei Kerzen sehr leicht überzeugen kann.

Man verschließt das Fenster gegen Lichteinwirkung von außen, macht den Versuch also bei Nacht oder im dunklen Zimmer, stellt nun zwei Kerzen von ganz gleicher Art und möglichst gleicher Helligkeit vor den ausgespannten Papierbogen hin und bringt zwischen sie und den Bogen eine nicht brennende Kerze, überhaupt einen schattengebenden Körper, mit den brennenden Kerzen in gleicher Höhe. Es wird dann von diesem einen Körper ein doppelter Schatten auf das Papier fallen, beide Schatten werden gleich stark und gleich gefärbt, d. h. grau erscheinen. Hält man nun vor eine der beiden Kerzen ein recht hellfarbiges Glas, grün, blau, roth, gelb, gleichviel, so wird das Licht der Kerze dadurch so modificirt, daß es nur einfarbiges Licht durchläßt; der Schimmer davon verbreitet sich natürlich über den ganzen Papierbogen und in dem Augenblick, wo dies geschieht, sieht man den Schatten des gefärbten Lichtes (auf welchen mithin kein Schimmer der Färbung fallen kann, da es ja eben ein Schatten ist) in der Complementarfarbe. Hätte man ein grünes Glas vor das Licht gehalten, so würde der Schatten roth, hätte man ein blaues, so würde der Schatten orange, hätte man ein gelbes angewendet, so würde der Schatten violett erschienen sein und zwar kann man, wenn Ueberzeugung noch nöthig wäre, den Versuch bald mit dem einen Lichte, bald mit dem andern anstellen, daraus man sieht, daß jeder Zeit das nicht gefärbte oder durch farbiges Glas geblendete die Complementarfarbe giebt.

Wunderbar erhöht wird dieselbe Erscheinung durch das Sonnenlicht im verdunkelten Zimmer. Man macht deshalb in dem Fensterladen zwei Oeffnungen, in beide fällt das Sonnenlicht ungehindert ein; nunmehr bedeckt man die eine der Oeffnungen mit einem farbigen Glase, augenblicklich scheint durch die andere ein breiter, mächtiger Licht-, ja, man könnte sagen, Feuerstrom, einzudringen; war die Farbe, welche durch das vor die eine Oeffnung gesetzte Glas hervorgebracht wird, violett, so erscheint der Lichtstrom gelb, ist das Glas orange, so ist das eindringende Licht blau, war das Glas grün, so hat das frei einfallende Licht wieder, wie immer, die Complementarfarbe; es ist nämlich, je nach der Schattirung des grünen Glases, feuerroth, purpurroth oder rosenroth.

Der Eindruck, den dies Experiment auf den unbefangenen Zuschauer cht, ist zauberisch; man sieht hier recht entschieden, wie die Farben durch Lichtstrahlen hervorgerufen werden und wie sie unter dem Einfluß der- den kommen und gehen, keineswegs aber an den Körpern haften, sondern e Modificationen der Oberfläche sind, vermöge deren sie bald so, bald auf das Licht wirken oder sich, je nachdem das Licht auf sie wirkt, wandeln, denn wenn ein rother Körper im gelben Lichte schwarz erscheint, n man unmöglich sagen, er *sei* roth, sondern man muß sich damit be- gen zu sagen, er *erscheine* roth, wenn schon der Sprachgebrauch es ers macht.

Noch eine Art, die Complementarfarbe zu zeigen, bieten uns farbige iegel dar und selten sind sie so hell von Farbe, daß die gewünschte Er- inung vollkommen zum Vorschein gebracht werden kann.

Jeder Spiegel giebt von einem nahen Gegenstand zwei Bilder, eines der vordern, ein zweites von der hintern Fläche. Ist der Spiegel sehr geschliffen, ist seine Hinter- mit seiner Vorderseite vollkommen parallel, so en die Doppelbilder *ferner* Gegenstände in eins zusammen, dies findet n aber nur bei Spiegeln, welche für den astronomischen Gebrauch be- mmt sind, die gewöhnlichen, auch die besten, geben immer zwei Bilder von den fernen Gegenständen gehen sie weiter aus einander als die der der nahen.

Ist der Spiegel belegt, so ist das Bild von der Hinterfläche das leb- tere, ist er unbelegt, so ist es das Bild von der Vorderfläche. Nur mit belegten Spiegeln haben wir zu thun.

Betrachtet man nun durch einen Spiegel von rosenrothem Glase ein enüberstehendes Haus — am besten wenn es weiß ist — so gewahrt n sofort, wenn man sich nur einigermaßen mit der Erscheinung und der suchung derselben vertraut gemacht hat, das Uebereinandergreifen der en fraglichen Bilder; man wird ein schärferes, ein minder kräftig her- tretendes unterscheiden und dabei an dem einen sehr entschieden die Farbe Glases vorwaltend, an dem andern aber die Complementarfarbe, also diesem speciellen Falle ein blasses Grün finden. (Würde das Glas hell- n gewesen sein, so würde die eine Begrenzung des Bildes diese Farbe, andere aber das ergänzende Orange gehabt haben u. s. f.) Sehr schön t sich die Erscheinung durch den Schatten eines dünnen Körpers, der den Spiegel fällt, derselbe ist gleichfalls doppelt wie die anderen Bilder; eine Schatten hat die Farbe des Glases, nur dunkler, der andere hat Complementarfarbe.

Auch ohne Dazwischenkunft irgend eines Mittels entsteht in uns selbst

ein gewisses Verlangen, ein Trieb, die Complementarfarbe zu erzeugen, es geschieht völlig unbewußt. Man kann die Farben nicht machen, sie kommen von selbst und wenn die nöthigen Bedingungen fehlen, so bleiben sie aus; es sind physiologische Farben wie alle diejenigen, welche wir von Seite 44[illegible] bis jetzt betrachtet haben.

Wenn man sein Auge eine Zeit lang auf einen hell beschienenen rothen Fleck gerichtet hat und man schließt dasselbe nun, so sieht man plötzlich statt des rothen Fleckes einen grünen, dessen Intensität und Leuchtkraft vollständig dem früher betrachteten rothen entspricht.

Der Versuch ist ganz leicht zu machen und wird Jedem gelingen, Alles zusammen aber beweist, wie schwankend unser Urtheil von den Farben der Körper ist und wie wenig man sagen könne, der Körper habe diese oder jene Farbe, da es doch auf Beleuchtung, auf Schatten und Licht, ja zuletzt auf Gemüthsstimmung ankommt, wie man die Dinge sehen soll.

Zu der Rotation der Farbenscheibe zurückkehrend, müssen wir noch sagen, daß eine bequemere Art, die Farbenmischung vorzunehmen, der sogenannte Farbenkreisel ist; eine Scheibe von Blei, mit eingegossener Stahlspindel, welche unten als Fuß etwa 3 Zoll, oben aber, wenn schon viel schwächer als unten, etwa um 1 Zoll vor der Scheibe vorragt.

Wenn dieser Kreisel von einem feststehenden Gestelle mittelst einer Schnur losgelassen wird, so dreht er sich sehr lange — eine halbe Stunde lang und darüber, natürlich muß die Stahlspitze auf einem sehr harten und glatten Körper, z. B. auf einem geölten Porzellanteller stehen; von welcher Wirkung die Drehung auf einem weichen Körper, z. B. auf eine Metallfläche sein würde, kann man daraus entnehmen, daß, wenn zufällig der Kreisel vollkommen gerade, dann also scheinbar stille steht, er eine kegelförmige Vertiefung in den Porzellanteller bohrt.

Wenn man den Kreisel zu Farbenversuchen benutzen will, so macht man sich verschiedene kreisförmige Stücke dünner, aber gerader Pappe zurecht, welche man mit weißem Papier überzieht und dann auf mannigfache Weise färbt, indem man die Kreise vom Mittelpunkte her nach der Peripherie durch gerade oder krumme Linien theilt und die einzelnen Sectoren durch verschiedene Farben trennt.

Beim Drehen des Kreisels legt man eine Scheibe nach der andern auf den aus der Mitte der Metallplatte hervorragenden Stift und überläßt es dem Kreisel, die Pappscheibe mitzunehmen, in seine Drehung hinein zu ziehen. Man kann glauben, die Luft werde dies hindern, und diese Meinung ist auch vollkommen gerechtfertigt; die Luft in der Nähe des Kreisels bleibt weit zurück, ein Stückchen irgend einer schweren Substanz

Behutſamkeit auf die Fläche des Kreiſels gelegt, bleibt nicht darauf
n, ſondern wird mit Vehemenz hinweg geſchleudert; allein die zuſam-
hängende Fläche der Pappſcheibe, welche durch den Stift im Mittel-
te am ſofortigen Herabfallen gehindert wird, nimmt doch nach und nach
i Theil der Bewegung des Kreiſels an und zwar viel ſchneller als man
bt, wenn ſchon bei Weitem nicht die Schnelligkeit als es den Anſchein hat.
nals erreicht die aufgelegte Pappſcheibe den 20ſten Theil der Drehungs-
windigkeit des Kreiſels, allein die erlangte genügt, um alle Miſchungen
zwei Farben zu erhalten, welche man überhaupt dadurch erlangen kann,
verſchiedene Eindrücke dem Auge nach und nach in ſchneller Aufeinan-
olge geboten werden.

Daß hieraus niemals Weiß entſtehen könne, iſt bereits berührt worden
kommt lediglich daher, daß die Pigmente, die Malerfarben weit ent-
t ſind von der Klarheit und Schönheit der durch das Prisma erzeugten;
n man dieſe vereinigt, ſo erhält man Weiß, wie die Vereinigung auch
ehe; zwei Methoden haben wir bereits angegeben, eine dritte iſt die
eicht noch überzeugendere, wiewohl ſie auch nichts anderes iſt als ein
reinanderlegen der Farbentheile des Spectrums.

Was durch Vereinigung der aus einander gehenden Strahlen (welche
dem Prisma kommen) mittelſt eines Brennglaſes möglich iſt, das ge-
ht auch, wenn man das prismatiſche Bild auf einen Hohlſpiegel im
nnpunkte deſſelben fallen läßt. Man hat dies runde Sonnenbild durch
Fernrohr betrachtet und weder im zurückgeworfenen Lichte (wenn das
d auf eine weiße Tafel fiel), noch im durchgelaſſenen Lichte (wenn es
ein matt geſchliffenes Glas fiel) eine Spur der einzelnen Farben des
ctrums erblickt. Aber noch ſpecieller iſt Pouillet verfahren. Er
t eine Reihe Metallſpiegel in die einzelnen Farben des prismatiſchen
des und giebt ihnen nach und nach die Richtung, daß ſie jede einzelne
be auf einen Fleck, d. h. auf denſelben Raum zurückwerfen. Wie eine Farbe
der andern ſich über die bereits zuſammengelegten erſtreckt, wird der
einigungspunkt immer heller, farbloſer und es macht einen eigenthüm-
n Eindruck, zu ſehen, wie zuletzt die dunkelſte Farbe des Prisma's, etwa
Blau oder das Purpurroth, durch die Bewegung des Spiegels über
Zimmerdecke wandelt, ſich dem Vereinigungspunkte nähert und nun in
Augenblicke, wo man glaubt, jetzt wird ſich der Experimentator blamiren,
dunkle Blau oder Roth in dem Farbenbilde verſchwindet, ſo daß der
erimentirende ſelbſt ſeinen eigenen Sinnen kaum traut.

Die wunderſchöne Erſcheinung des Regenbogens rührt allein von der
benzerſtreuung durch das Waſſer her, welches zu Tropfen gebildet in

der Luft ſchwebt. Der Regentropfen bleibt allerdings nicht ſtehen, er fällt, allein es ſind der Regentropfen ſehr viele und dieſe nehmen nach einander die Stellung ein, welche geeignet iſt, das Licht ſo zu brechen, zu ſpiegeln und ſeine Farben zu zerſtreuen, daß dadurch ein im Zuſammenhang ſtehender Licht- und Farbenbogen gebildet wird, der zwar immerfort wechſelt, was aber, weil dieſer Wechſel in äußerſt kleinen Zeiträumen und in einer großen Entfernung von dem Beſchauer vor ſich geht, durchaus nicht bemerkt werden kann.

Man pflegt zu ſagen, die erſte Bedingung zu einem Regenbogen ſei ein vorübergezogener Regen; dies iſt grundfalſch, denn es kann der prächtigſte Regenbogen entſtehen, ohne daß der Beſchauer deſſelben einen Tropfen Regen empfunden hat und ohne daß ein Regen nachträglich auf ihn fällt. Die Bedingung iſt, daß der Beſchauer des Regenbogens zwiſchen der Sonne und den Regentropfen ſtehe, aus denen der Farbenbogen ſich bildet und dies kann ſein, wenn die Wolke von dem Beſchauer abwärts gezogen iſt; dies kann eben ſo ſtattfinden, wenn die Wolke, welche den fallenden Regen trägt, direct auf ihn zuſchreitet, als endlich, wenn ſie in ſolcher Richtung an ihm vorbeizieht, daß, wenn er groß genug wäre, ſein Schatten (von der Sonne erzeugt) auf ſie fallen würde.

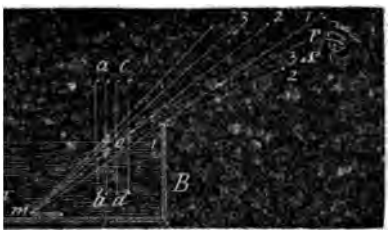
Man ſieht aus dieſer Beſchreibung ſchon, daß nur bei niederem Stande der Sonne der Farbenbogen erſcheint und daß er des Morgens im Weſten, des Abends aber im Oſten zu ſehen ſein wird. Im Norden oder im Süden erblickt man einen Regenbogen nie und um die Mittagszeit, d. h. zwiſchen 10 und 2 Uhr (während des Sommers zwiſchen 8 und 4 Uhr), ſieht man einen ſolchen gleichfalls nie, denn da die Sonne um dieſe Zeit ſehr hoch ſteht, ſo müßte der Regenbogen in der Richtung des Schattens des Beſchauers geſucht werden, d. h. zu ſeinen Füßen, dort ſind aber in der Regel keine Regenwolken.

Wenn man einen geraden Stab in ein tiefes Gefäß mit Waſſer ſteckt, ſo iſt der Stock nicht mehr gerade, ſondern er hat da, wo er die Waſſerfläche berührt, einen Winkel, eine Einbiegung.

Wenn AB ein Gefäß mit undurchſichtigen Wänden iſt und man legt eine Münze m an den Boden deſſelben, ſtellt ſich alsdann ſo, daß der Rand B dem Auge o die Münze verdeckt, ſo wird natürlich das Auge die Münze nicht ſehen, weil die von der Münze ausgehenden Strahlen 1, 2, 3 nicht in das Auge gelangen.

Wenn man nunmehr aber Waſſer in das Gefäß gießen läßt, während das Auge ſeinen früheren Standpunkt unverändert beibehält, ſo erhebt ſich

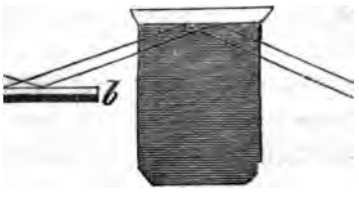
Fig. 323.



die Münze über ihren früheren Standpunkt und das Auge in *o* sieht die Münze an der Stelle *n* durch die punktirten Strahlen *n*1, *n*2, *n*3. Diese Strahlen sind aber nicht wirklich, sondern von der Münze *m* gehen dieselben nach der Wasserfläche, b sie den Weg der ausgezogenen Linien machen wollten. An der rfläche kommen sie in eine andere Substanz, sie gehen aus dem Wasser : Luft. Die senkrechten Linien *ab*, *cd* nennt man das Einfallsloth er Winkel, den der aufwärts gehende Strahl innerhalb des Wassers em Einfallsloth macht, ist durchaus nicht gleich dem Winkel, welcher em Einfallsloth und den ausgehenden Strahlen (den punktirten Linien) et wird.

Diese Erscheinungen, welche bei je zwei durchsichtigen Körpern von iedener Dichtigkeit immer wiederkehren, wenn man durch dieselben sieht einen Lichtstrahl durch sie fallen läßt, nennt man **Brechung** und es t auf ihnen die ganze Lehre von dem natürlichen Sehen, von den vieln wunderbaren Erscheinungen, welche die verschiedene Dichtigkeit der ervorbringt, es beruht auf den Gesetzen der Brechung die ganze Lehre von ptischen Instrumenten, vor allen von dem Auge, und so beruht auch die inung des Regenbogens hierauf, aber zugleich auch auf der Spiegelung, ber wir noch Einiges sagen müssen. Ist *ab* ein ebener Spiegel und

Fig. 324.



fällt ein Lichtstrahl schräg oder senkrecht auf denselben, so wird er von seinem Wege abgelenkt und genau unter eben solchem Winkel aufwärts reflectirt, unter welchem er auf den Spiegel kam; gelangte er von der linken Seite her auf den Spiegel, so wird er nach der rechten Seite reflectirt. Was für eine Substanz den el bilde, ist gleich, wenn es nur ein Spiegel ist, d. h. wenn er nur ollkommen ebene Oberfläche hat, je mehr derselbe sich diesem Ideal , desto vollkommener ist der Spiegel, desto besser wirft er die Strahlen (daher sieht man in ihm Gegenstände abgespiegelt) und würde das erreicht werden können, so würde man einen Spiegel nicht sehen, n nur die Gegenstände, die er spiegelt. Bis wie weit die Täuschung

geht, davon kann man sich in manchen Schlössern überzeugen, wo nicht selten in einer Wand ein Spiegel, welcher 12 und mehr Fuß Höhe hat und bis auf den parquettirten Fußboden herabreicht, eingelassen ist. Wer noch niemals in solchem Gemach gewesen, geht wohl von der Seite auf den Spiegel zu, in der Voraussetzung, es sei eine Thüre, bis er durch sein eigenes Spiegelbild aufmerksam gemacht wird. Der Verfasser bewohnte in Wien ein gräfliches Palais, welches von den Erben verkauft, in Privatbesitz übergegangen war und nun theilweise vermiethet wurde. Drei an einander stoßende Zimmer hatten die Thüren alle in der Mitte der Wände und in dem letzten befand sich der Thüre gegenüber ein altes venetianisches Spiegelglas in ein Thürgerüst eingesetzt. Die Wand aber stand nicht senkrecht zu den andern Mauern, und so konnte man gerade auf den Spiegel zugehen, ohne sein eigenes Bild zu sehen. Die Folge dieser eigenthümlichen, in der nicht rechtwinkligen Lage der Straßen gegen einander begründeten Anordnung hatte zur Folge, daß ein Jeder, der den Verfasser besuchte, den Spiegel für eine Thüre hielt, obwohl viel daran fehlte, daß er vollkommen schön, also unsichtbar gewesen wäre.

Viel vollkommener als ein Mensch die Oberfläche zu ebenen weiß, versteht dies bei festen und flüssigen Körpern die Natur; sie giebt ihren Krystallen so treffliche Spiegelflächen, daß man sie gewiß nicht sehen würde, wenn man nicht die Umgrenzung sähe. Die Schwere macht die vortrefflichsten ebenen Spiegel, wer vermöchte Silber so zu poliren, wie die Schwere eine Queckſilberfläche polirt und ein ruhiger See gewährt dem Spaziergänger einen ganz andern Anblick, als wäre der Boden vor ihm mit belgischen oder russischen Spiegeltafeln gepflastert.

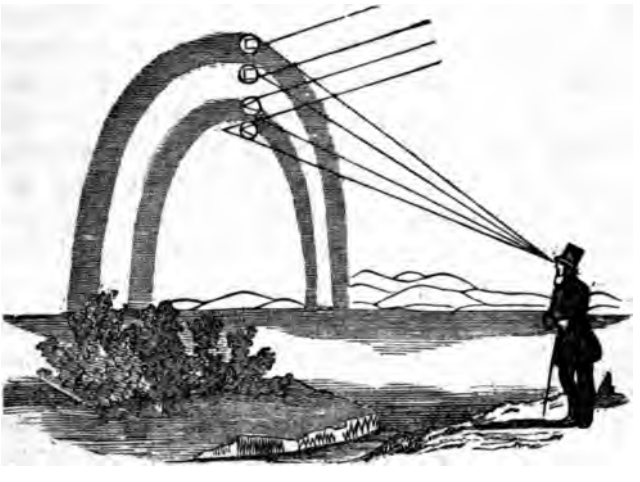
In dieser Vollkommenheit liegt auch die Möglichkeit, nicht nur nach außen, sondern eben so vollkommen nach innen zu spiegeln, was die Flüssigkeiten, so weit sie durchsichtig sind, in noch höheren Graden thun als die Glasspiegel. Auf der so eben betrachteten Figur haben wir neben dem liegenden Spiegel ein Gefäß mit durchsichtigen Wänden und mit einer durchsichtigen Flüssigkeit gefüllt stehen, Weingeist, Wasser, Terpentinöl oder Aehnliches.

Fällt durch den ersten Spiegel ein Strahl aufwärts (so daß er die Seitenwände des Gefäßes durchdringt) gegen die Oberfläche der Flüssigkeit, so wird er von dieser Oberfläche so vollständig zurückgeworfen, als wäre sie durch einen wohl belegten Metallspiegel ersetzt. Jemand, der in der Verlängerung der Doppellinie von dem Spiegel zum Glase stände, würde, falls nur der Winkel, unter dem der Reflex von der inneren Wasserfläche geschieht, größer als ein rechter, wohl schwerlich etwas von dem in das Glas fallen-

den Lichte wahrnehmen, welches seinen Weg direct zu ihm fortsetzen und in sein Auge bringen würde, falls die nach innen spiegelnde Fläche der Flüssigkeit nicht da wäre.

Nach diesen vorläufigen Bemerkungen können wir zu der Erklärung des Regenbogens übergehen, ohne eine Voraussetzung zu machen, welcher der Leser nicht entsprechen könnte.

Fig. 325.



Der Wanderer auf der hier eingeschalteten Fig. 325 betrachtet einen sogenannten Doppelregenbogen. Der innere ist der eigentliche in der uns gewohnten Farbenfolge. Die Zeichnung nimmt einen Tropfen aus diesem Regenbogen und zeichnet den Weg vor, welchen der Sonnenstrahl nimmt, um durch denselben in das Auge des Beschauers zu gelangen.

Aus diesem einen Tropfen wird nie ein Regenbogen werden, wenn aber der Beobachter, zwischen der Sonne (welcher er den Rücken zukehrt) und der Wand aus fallenden Tropfen, welche die ihm gegenüber liegende Regenwolke bildet, stehend, seine Blicke auf diese Wand richtet, so wird er in einem Kreise (dessen Mittelpunkt derjenige Theil der Wand ist, auf welchen eine aus der Sonne durch sein Auge gezogene gerade Linie fällt) eine große Menge Tropfen sehen, welche alle in derselben Beziehung zu seinem Auge stehen und er würde mehr als einen Halbkreis wahrnehmen (wie auf Erden im günstigsten Falle geschieht), wenn der Mittelpunkt des Kreises nicht im Horizont, sondern darüber läge; hierzu müßte die Sonne aber schon unter dem Horizont befindlich sein und der Beobachter müßte sich bedeutend über denselben erheben, wie etwa in einem Luftballon.

Befindet man sich aber nicht in diesem Falle, so kann höchstens die

Sonne gerade im Untergehen begriffen und der Mittelpunkt des Kreises dadurch gerade im Horizont gelegen sein, der Regenbogen bildet dann einen Halbkreis (er steht sehr hoch, sagt man gewöhnlich), steht die Sonne aber noch hoch, so ist der Regenbogen um so niedriger, je höher die Sonne steht.

Betrachten wir von den vier Strichen den untersten, so sehen wir denselben zuerst unter der Mitte des schattirten Bogens in einen Winkel zusammenlaufen. So müßte es sein, wenn dort ein ebener Spiegel stände, der die Sonnenstrahlen in das Auge des Beobachters zurückwerfen sollte. Nun steht aber an jener Stelle ein Wassertropfen, der Lichtstrahl, welcher auf diesen fällt, geht hinein und wird, indem er aus Luft in Wasser tritt, gebrochen, so daß er also nicht in den spitzen Winkel hinter dem Tropfen ausläuft, sondern auf die innere gewölbte Spiegelfläche desselben fällt. Hier wird er reflectirt und gebeugt, beim Austritt aus dem Wasser in die Luft aber zum zweitenmal in die Richtung nach dem Auge des Beobachters hin gebrochen.

Derselbe Vorgang findet statt in allen Tropfen, welche den innersten Kreis des Regenbogens bilden, sie geben den violetten Saum, welcher im Innern des Regenbogens wahrgenommen wird. Die zweiten Linien, von unten gezählt, geben uns denselben Vorgang, sie bilden den rothen Saum, welcher auswendig an dem ganzen Bogen gefunden wird. Der Regenbogen ist ungefähr 2 Grad des Himmelsgewölbes breit und in dieser Breite liegen die Winkelunterschiede, welche bei der Farbenzerstreuung durch das Wasserprisma die Reihenfolge der Farben bilden, die wir gewohnt sind, mit dem Namen „prismatische Farben" zu belegen.

Die Zeichnung giebt uns noch einen zweiten Bogen, den Doppelregenbogen, er ist gänzlich von dem ersten getrennt durch einen breiten, weißen Zwischenraum und sind seine Farben in verkehrter Ordnung auf einander folgend, so daß hier Roth den innersten, Violett den äußersten Saum bildet. So lange die Theorie von der Farbenzerstreuung noch so sehr im Argen lag, wie in der Mitte und gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts, konnte man dieser Farbenfolge wegen den äußeren Regenbogen für ein verkehrtes Spiegelbild des inneren halten und ausgeben, wie sich der Lehrer aber dabei die Stellung des Spiegels gedacht haben mag, um seinen Schülern den Effect begreiflich zu machen, ist schwer zu sagen. Verkehrt giebt der Spiegel allerdings das Bild, allein es müßten dann nicht nur die Farben in umgekehrter Ordnung erscheinen, sondern es müßte der ganze Bogen auch verkehrt stehen, so daß er wie ein U die abwärts gehenden Schenkel nach oben streckte.

Es ist überhaupt höchst merkwürdig, daß sich, nachdem Newton die Lehre vom Lichte so scharf und sicher begründet, durch Mathematik bewiesen

te, noch so krasse Ansichten bilden konnten, wie wir in den älteren ichern ausgesprochen finden; selbst das jetzige Jahrhundert ist nicht frei i dieser Schwäche und was der Weise von Königsberg über diesen Ge- istand, was er über den Regenbogen und dessen Entstehung lehrte und Meinung, die er der damals schon bekannten richtigen gegenüber lte, ist so eigenthümlich, daß man nicht wohl begreifen kann, wie sie mit ner sonstigen großen Weisheit in Uebereinstimmung zu bringen, und es diese Erscheinung nicht etwa durch die Geistesstumpfheit zu erklären, in lche er einige Jahre vor seinem 1804 erfolgten Tode versank, denn er ig die Lehre hierüber in seiner physischen Geographie vor, die sonst nicht s Gepräge der Altersschwäche trägt.

Ueber die Entstehung des Regenbogens, welchen man als den doppelten bezeichnen pflegt, giebt die Optik so vollkommenen Aufschluß, wie über des andere ähnliche Phänomen. Verfolgen wir den obersten der vier triche, so nehmen wir wahr, daß derselbe nicht, wie die beiden unteren, inen Winkel innerhalb des Tropfens macht, sondern vier. Der Strahl, elcher in derselben Art einfiele, wie einer der unteren, würde nach der rechung und dem Austritt aus dem Tropfen und erneuerter Ablenkung in er Luft nicht das Auge des Beschauers erreichen, damit er ihn erreichen nne, muß ein Strahl gedacht werden (von den vielen, die auf den Tropfen allen), der den Regentropfen ziemlich unten trifft. Beim Eintritt wird er urch Brechung gehoben und fällt auf die hohle Rückwand des Tropfens, ier wird er gespiegelt gegen die obere Kuppel des Tropfens und von dieser ird er durch Spiegelung abermals zurückgeworfen nach der Vorderseite des ropfens, aus welchem der Strahl nach einem vollen Umgang um die eripherie endlich wieder austritt und nun erst abwärts gelenkt in das uge des Beobachters kommt.

Man sieht ein, daß hierdurch das Farbenverhältniß umgekehrt werden nd daß durch die vielfache Spiegelung, bei welcher immer ein Antheil Licht rloren geht, die Farbe selbst abgeschwächt werden muß und dies ist der all mit dem Doppelregenbogen, er ist in der Reihenfolge der Farben ver- hrt und viel matter als der Hauptbogen.

Es finden unter günstigen Umständen noch mehrere ganz ähnliche Far- nerscheinungen in einem noch weiteren Umkreise statt, die Farben werden er so schwach, daß man sie kaum mehr erkennt, auch zeigen sie sich nur f dem Scheitel des Bogens. Aber im Innern des Hauptregenbogens eht man Anfänge zu einem Regenbogen nicht etwa selten, sondern sogar hr häufig; unter dem kräftigen Roth des Regenbogens sieht man mehrere oncentrische Streifen abwechselnd von blassem Roth und blassem Grün in

dreifacher, ja in vierfacher Wiederholung. Man nennt sie Supplementarbogen; durch die gewöhnliche Brechung sind sie nicht zu erklären, denn es fehlen hierzu die nöthigen Winkelgrößen. Es ist wahrscheinlich, daß sie die Wirkung der Inflexion sind, welche durch die Tröpfchen von äußerster Kleinheit hervorgebracht werden, wovon unsere Frühling- und Herbstregen theils begleitet sind, welche anderntheils die letzten sinkenden Theile der Wolken sind, auf deren größter und dichtester Masse der Regenbogen durch Brechung sich bildet.

Ist diese Ansicht richtig, so ist damit auch erklärt, warum man in den Tropenländern niemals Supplementarbogen sieht, indeß die Hauptregenbogen in einer Pracht und Klarheit der Farben entstehen, wovon man bei uns keine Ahnung hat. Die kleinen, nebelartigen Tröpfchen, welche wir in unseren Gegenden kennen, giebt es dort gar nicht, wohl aber sind die fallenden Regenmassen nicht mehr Tropfen, sondern Kugeln von Wallnußgröße, in denen die Spiegelung und Farbenzerstreuung auf eine viel prächtigere Weise zur Wirkung kommt.

Die Fabeln, welche man von der Entstehung des Regenbogens aus einem goldenen Schüsselchen erzählt, das dort, wo der Fuß des Regenbogens gestanden hat, gefunden werden soll, sind höchstens als Spiele einer kindlichen Phantasie erwähnenswerth; allein nicht ohne Interesse ist, daß schon Antonio de Dominis, Bischof von Spalatro, gegen Ende des 16. Jahrhunderts den richtigen Schlüssel zu dem Räthsel fand. Er hing eine gläserne, mit Wasser gefüllte Kugel, an einer Schnur beweglich, auf, so daß er dieselbe höher heben oder senken konnte. Er fand hierbei, daß sich das Sonnenbild in der Kugel breche und daß sich jene lebhaften Farben bildeten, die man Regenbogenfarben nennt, er fand, daß, um sie zu sehen, die Sonne hinter dem Rücken des Beobachters stehen und daß sie mit dem Beobachter und der Kugel in einer Ebene befindlich sein müsse, daß sich dann die Farben nach einander zeigten, zuerst die rothe, dann, wie er die Kugel höher hob, die orange, die gelbe Farbe und daß die violette Farbe zuletzt erscheine; daß hierbei ein Winkelunterschied von zwei Graden oder von der vierfachen Sonnenbreite statthabe, worauf er denn auch weiter feststellte, daß Mittelpunkt der Sonne, Augen des Beobachters und Mittelpunkt des Regenbogens in eine gerade Linie fallen müssen, die Strahlen aber insgesammt einen Kegel bildeten, dessen Basis die Fläche des Regenbogens, dessen Spitze das Auge des Beobachters sei.

Cartesius machte diese Versuche ein halbes, Newton ein ganzes Jahrhundert später und beide haben nichts hinzugefügt, was die Sache klarer gemacht hätte, so deutlich stand schon 1590 diese Theorie fest, so sehr war

durch Ant. de Dominis schon ermittelt, durch directe, deswegen veranlatete Versuche aufgefunden, daß man nur an den Winkeln von 40 bis Grad etwas zu corrigiren fand. Allerdings gehörte de Dominis auch den ausgezeichnetesten Köpfen seiner Zeit, beschäftigte sich schon als Jesuit t den Naturwissenschaften und ward durch sie auf eine Menge arger derssprüche geführt, deswegen er, da seine Ansichten und Verbesserungen s Cultus keinen Eingang fanden, zum Protestantismus übertrat und in gland als protestantischer Geistlicher eine Stellung suchte. Allein gerade jener Zeit war eine so vorgeschrittene wissenschaftliche Kenntniß etwas underbares. Er ward darum auch wohl nicht verstanden, aber doch gechtet, deshalb ihm die römische Curie große Versprechungen machte, wenn in den Schooß der alleinseeligmachenden Kirche zurückkehren wollte. Er ch, schwor zu Brüssel den Protestantismus ab, that zu Rom öffentlich chenbuße und erhielt dann zur Belohnung eine Anstellung in der Engelsg, in welcher er nach einigen Tagen starb. Seine Schriften und sein chnam ward zur Ehre Gottes durch Henkershand öffentlich auf dem heiterhaufen verbrannt.

Die Fähigkeit, zu beobachten, ist durchaus keine sehr allgemein veritete. Leute, welche Beobachtungen Anderer bestreiten, zeigen sehr oft, s sie selbst gar nicht beobachtet haben; so auch mit dem Regenbogen, der anderer sein muß für Jeden, der ihn sieht. Dieser Punkt, nothwendig vorgehend aus der richtigen Ansicht, ist als ein Hauptanstoß aufgefaßt d oft genug lächerlich gemacht worden, „da es doch gar zu klar, daß alle schauer zugleich denselben Regenbogen sehen.“ Wenn aber Jemand bachten kann, so wird er dies gewiß nicht sagen, denn die Ueberzeugung ingt sich bei einem ganz einfachen Versuch sogleich auf. Wenn man en recht deutlich ausgebildeten Regenbogen irgendwo auf der Erde stehen t, so merke man sich recht genau die Stelle, wo dies stattfindet, ein us, ein Baum, ein Gebüsch wird hierzu leicht Gelegenheit geben und da : Bogen keine Täuschung ist, da er factisch dasteht, aus spiegelnden und tbrechenden Tropfen bestehend, so wird man sogar in den Fall kommen, Haus oder einen Busch durch sein farbiges Licht überzogen zu sehen, nn er sehr nahe ist (dies wäre dann die beste Gelegenheit, um das Regenzenschüsselchen zu suchen, dessen Besitz den Finder zum glücklichsten, zum chsten Menschen macht).

Wenn man sich nach solcher Feststellung von dem Standpunkte rechts er links hin entfernt, so wird man schon bei der geringen Länge von Fuß eine ganz unverkennbare Veränderung des Standpunktes wahrhmen. Der Baum, das Haus wird nicht mehr durch den Regenbogen

gedeckt, obschon es noch immer derselbe Regenbogen ist und man bei der Rückkehr zum vorigen Standpunkt ihn auch wieder an der alten Stelle sieht.

Noch komischer ist die Behauptung: es sei gar nicht nöthig, daß der Beobachter zwischen der Sonne und dem Regenbogen stehe, man könne sich davon leicht überzeugen, es werden hundert Fälle vorkommen, in denen man die Sonne zur Rechten und nicht im Rücken, den Regenbogen aber nicht vor sich, sondern zur Linken sähe. Nun ja, so kann man sich allerdings nicht in hundert Fällen, sondern immer und jederzeit stellen, deswegen wird doch die Sonne, das Auge des Beobachters und der Mittelpunkt des Regenbogens in einer geraden Linie liegen.

Der Abbé de la Pluche, welcher ein ganzes, weitläuftiges Werk über den Regenbogen (Observations sur l'arc en ciel, Paris 1781) geschrieben hat, erzählt, er habe einst zwei Regenbogen gesehen, von denen der eine doppelt so groß gewesen als der andere und von denen der größere so gestanden habe, daß er gerade durch den Mittelpunkt des kleineren gegangen, ein andermal hat er drei Regenbogen zugleich an ganz verschiedenen Stellen des Horizonts gesehen, diese Regenbogen waren 3 bis 4 Meilen von einander entfernt. Noch ein andermal hat er sich selbst an einem der Füße des Regenbogens befunden, welcher in dem Hofe des Hauses, wo er wohnte, aufstand, der andere Fuß des Bogens befand sich in der Vorstadt Saint Antoine.

Hier sind so wunderbare Erscheinungen angegeben, daß sie lediglich durch das bekannte „ça s'explique parcequ-'il n'est pas vrai" erklärt werden können. Der würdige Abbé kann sich wohl in dem Fuß eines Regenbogens befunden haben, dessen anderes Ende zu Paris die Vorstadt St. Antoine schmückte, so gut wie das Haus und der Hof sich darin befand, allein gesehen und gewußt kann er dies nicht haben, denn wenn für den Beobachter ein Hof in den lebhaftesten Flammen des herrlichsten Regenbogens steht, so sieht doch derjenige, welcher aus dem Hause tritt, nichts davon, obschon er selbst von den Farbentönen des Bogens bedeckt ist. Ihm ist dies nicht wahrnehmbar, denn er befindet sich im Regen, er sieht weiter hinaus von der Sonne und von dem Beschauer des Regenbogens abwärts vielleicht einen ganz andern Regenbogen, gewahrt jedoch von demjenigen, in welchem er selbst steht, nicht das Mindeste.

Eben so ist es mit den zwei und drei Regenbogen. Es ist nicht wahr, die Beobachtung ist erzählt, aber nicht gemacht. Auf diese Weise kann man viel Wunderbares entdecken.

Ob man umgekehrte Regenbogen sehen könne, solche die ihre Schenkel *nicht* zur Erde kehren, sondern aufwärts geöffnet sind wie ein U? Es ist

n dem Abbé la Pluche behauptet worden und nach Allem, was die
iſſenſchaft darüber ſagt, iſt dieſe Behauptung eben ſo unwahr als die
dere; allein es giebt Fälle, in denen dies möglich, nur iſt der gelehrte
bbé nicht in einem ſolchen Falle geweſen, ſonſt hätte er es geſagt.

Befindet ſich ein Beobachter auf einem hohen Thurme, auf der Spitze
nes Maſtes großer Kriegsſchiffe und iſt die Sonne im Untergehen be-
riffen, eine regnende Wolke aber in der Richtung des Schattens des Thur-
es oder Maſtes, ſo iſt, vorausgeſetzt die Wolke ſei nahe genug, die Mög-
chkeit gegeben, einen Regenbogen in Form eines ganzen Kreiſes zu ſehen.
e ferner die Wolke ſteht, deſto größer wird der Kreis, ſo daß ſehr bald
in unterer Theil und endlich gar die volle untere Hälfte durch den Ho-
izont abgeſchnitten wird, je näher aber, deſto kleiner iſt der Durchmeſſer
nd deſto näher liegt die Möglichkeit, einen ganzen Kreis zu ſehen.

Man muß ſich denken, daß das Auge des Beobachters die Spitze eines
egels iſt, deſſen Baſis der Regenbogen bildet, wie wir bereits geſagt haben.
ſt dieſe Baſis 2000 Fuß im Durchmeſſer, ſo wird die Erde die Hälfte
avon verdecken. Rückt der Vorhang, auf welcher die Baſis des Kegels,
er Regenbogen, ſich befindet, aber näher, ſo ſchneidet ſie den Kegel immer
näher an der Spitze, alſo unter einem viel kleineren Durchmeſſer; iſt endlich
er Durchmeſſer nur 400 Fuß, ſo wird ein Standpunkt von 200 Fuß
Höhe genügen, um dieſe ganze Grundfläche des Kegels zu überſehen, d. h.
einen Regenbogen in Form eines vollkommenen Kreiſes zu erblicken.

Dies Alles ſteht feſt und läßt ſich ſo gut mathematiſch beweiſen, wie
ein Jeder es auch nach dem Vorhergehenden leicht als richtig erkennen wird.

Nun fragt ſich nur noch, wie es möglich iſt, bloß die untere Hälfte
zu ſehen. Höchſt einfach ſo, daß der Vorhang nicht ſo hoch reicht, um auch
die obere Hälfte des Bildes aufzunehmen. Auf Schiffen, die beſonders die
nördlichen Gewäſſer befahren, befindet man ſich häufig in einem dichten
Nebel, d. h. in einer auf dem Meere lagernden Wolke, denn der Nebel iſt
nichts anderes als eine Wolke, welche ruht, die Wolke nichts anderes als
ein Nebel, welcher ſchwebt.

Nicht wenig iſt der Paſſagier überraſcht (wenn er es einmal wagt,
den Mars zu erklettern), oben den Nebel viel dünner zu finden. Er ſteigt
vielleicht auf das Eſelshaupt (den zweiten Maſtkorb) und ſiehe da, er be-
indet ſich in ganz heiterer Luft, die Sonne ſcheint hell und klar.

Dies iſt der Fall, in welchem man einen umgekehrten Regenbogen
ehen kann. Wenn die Wolke eine regnende iſt und ſie ſteht auf der einen
Seite des Beobachters, indeß die Sonne ihr in gerader Linie entgegengeſetzt
iſt, ſo wird, falls ſie nicht fern ſteht, dieſelbe einen unteren Halbkreis des

Regenbogens zeigen. Rückt sie mit dem Winde von dem Beobachter und der Sonne abwärts, so wird sehr bald der unterste Saum des Bogens den Horizont berühren, dann sich darunter verlieren. Man wird endlich zwei getrennte Stücke erhalten, die immer weiter aus einander rücken und die man auf ebener Erde stehend auch sieht, als Endtheile einer oberen Hälfte des Regenbogenkreises, wenn nämlich der Halbkreis nicht geschlossen ist, da die Wolke nicht hoch genug hinaufreicht, um einen Regenbogen zu bilden; man nennt dergleichen Fragmente „Wassergallen", es sind durchaus nicht seltene Erscheinungen, eben so wenig aber auch Beweise gegen die feststehende Theorie des Regenbogens.

Wären die Matrosen Naturforscher, durchgebildete Physiker, so würde man sehr oft von Regenbogen in ganzen Kreisen hören, läge der Pic von Teneriffa nicht an der westlichen Küste von Afrika, sondern auf Cap Landsend in England, oder bei Brest im Departement Finisterre, so würde jeder Meteorolog von dem prächtigen, völlig kreisförmigen Regenbogen erzählen, den er an dem und dem Tage nach einem mächtigen Gewitter von dem Gipfel des Pic beobachtet.

Eine eigenthümliche Erscheinung nimmt man auf thauigen Wiesen wahr, falls man früh genug aufsteht. So lange die Sonne noch sehr niedrig steht, der Spaziergänger also einen mächtig langen, aber schon deutlich begrenzten, beendeten Schatten wirft, sieht derselbe diesen mit einem hellen leuchtenden Saum umgeben, welcher dort, wo der Schatten des Hauptes hinfällt, sich zu einem breiten Nimbus, zu einem wahren Heiligenschein ausbildet. Dies ist der Regenbogen des Aristoteles, welcher eigentlich dort am stärksten und leuchtendsten sein müßte, wo man nichts von ihm sieht, nämlich im Schattenraum selbst, weil von dort der vollste Reflex herkommen würde, allein man kann sich weder unsichtbar machen, noch kann man sich durchsichtig machen, die Strahlen, welche man sieht, sind also unzweifelhaft Spiegelbilder (für solche erklärt Aristoteles den Regenbogen überhaupt und er hat hierin ganz Recht, nur sagt er: sie werden von der äußeren Fläche der Tropfen reflectirt, sind deshalb klein, und weil viele Millionen solcher Bilder vorhanden sind, so laufen sie durch einander und bilden so einen farbigen Kreisbogen), nur solche, die nicht durch vollständig geraden Reflex, sondern schon unter einem vom rechten abweichenden Winkel in unser Auge kommen (bei vollkommen geradem Reflex müßte der zurückgeworfene Strahl in sich selbst zurückkehren).

Es scheint als ob dieser Nimbus, dieser Heiligenschein es gewesen, der vor 260 Jahren dem schlesischen Prediger, dem Dr. theol. J. Fleischer *in Breslau*, den Gedanken der ersten, annähernd richtigen Erklärung des

Regenbogens eingegeben, wenigstens paßt auf den Schimmer des liegenden eine Erklärung besser als auf den ruhigen Farbenglanz des aufrechtstehenden. Er sagt, daß die Sonnenstrahlen in den Wassertropfen gebrochen und diese gebrochenen farbigen Strahlen von andern Tropfen reflectirt werden.

Man glaubt, daß dies den bereits genannten dalmatischen Gelehrten Antonio de Dominis auf den Versuch mit der Glaskugel geführt habe, wenn nicht dem Italiener Vitello noch eine frühere Stelle zukommt, welcher gleichfalls am Ende des 16. Jahrhunderts) sich mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigte und dabei bemerkte, daß die Sonnenstrahlen, welche auf eine runde, mit Wasser gefüllte Flasche fallen, etwas Aehnliches wie einen Regenbogen geben; allein er erklärt ausdrücklich, daß dies die Ursache nicht sein könne, weil hier eine Durchstrahlung, beim Regenbogen aber eine Rückstrahlung entstehe.

Fraunhofer's Versuche.

Die farbigen Erscheinungen, von denen wir bisher gehandelt und die man prismatische nennt, leiden an einer gewissen Unvollkommenheit, welche ihren Grund in den Werkzeugen hat, die man anwendete. Wenn wir auch das Fensterkreuz oder einen weißen Streifen Papier auf schwarzem Grunde durch einen Kronleuchterbehang betrachten und uns damit zufriedengestellt erklären dürfen, so darf dies doch der ernste Forscher nicht, welcher die Eigenschaften des Lichtes untersuchen, mathematisch begründen und feststellen will. Da fehlte es vor allen Dingen an gutem Material zu Prismen; das aus England zu uns kommende Flintglas ist nicht nur theuer, sondern auch in großen Stücken gar nicht zu haben, und endlich ließen die englischen Mechaniker das beste Flintglas gar nicht aus dem Lande, sondern behielten es für sich, um es zu Objectiven ihrer Dollond'schen Fernröhre zu verwenden.

Die Natur hat ihre Gaben sehr verschieden vertheilt: was hilft dem Einen sein Genie, wenn er es nicht zu brauchen versteht? was dem Andern großer Reichthum, wenn er nichts damit machen kann, als ihn auf Zinsen legen? Ein Dritter ist höchst practisch in Allem, was er angreift, aber es fehlt ihm an Genie, es fehlt ihm an Geld, um seinen practischen Versuchen Geltung zu verschaffen. Nur selten führt das Glück so verschiedene Elemente zusammen, wenn dies geschieht, so wird auch immer Großes geleistet.

In München stürzte in den letzten Tagen des vorigen Jahrhunderts ein Haus zusammen. König Max war beim Aufgraben und Forträumen des Schuttes in dem Augenblick zugegen, als gerade ein 12- oder 13jähriger Knabe,

der Sohn eines Glasers aus Straubing, damals in München bei einem Glasschleifer in der Lehre, unter dem Schutt hervorgezogen wurde. Mehrere über Kreuz gefallene Balken hatten das Leben des Knaben geschützt. König Max ließ dem Knaben einige Erfrischungen reichen und beschenkte ihn mit 18 Ducaten, wofür er sich eine Schleifmaschine kaufte und in seinen Feierstunden auf eigene Hand Gläser schliff. Sein Meister hatte dagegen viel einzuwenden, indeß der junge Bursche verdiente sich so viel, daß er den Lehrherrn seine noch übrige, ihm schuldige Lehrzeit abkaufen konnte und da er durch den Einsturz des Hauses, durch die Güte des Königs und endlich durch seine auffallende Emancipation eine gewisse Berühmtheit erlangt hatte, so kaufte man ihm bald lieber Brillen und Theaterperspective ab als den Schleifermeistern. Bei alledem war seine Lage drückend genug, um so mehr, als er den Trieb zu etwas Besserem in sich fühlte und doch überall durch Mangel sowohl an Geld als an geistigen Mitteln gehemmt wurde, denn er hatte nur nothdürftig Lesen und Schreiben gelernt. Er besuchte nun die Sonntagsschule und machte durch seinen Lerneifer bedeutende Fortschritte, machte aber eben dadurch den Professor Schiegg auf sich aufmerksam, der ihm eine zweckmäßige Anleitung zum Studium der Mathematik gab und ihn auch mit dem späterhin berühmt gewordenen Mechaniker Reichenbach bekannt machte.

Im Jahre 1805 legte der Letztere, dessen practische Bildung ihn sehr bald die große Unvollkommenheit der damaligen physikalischen, besonders aber der optischen und astronomischen Instrumente kennen lehrte, eine mechanische Werkstatt an; es fehlte aber an Geld, sie im Großen zu betreiben, darum kränkelte die Anstalt eine Zeit lang. Ein sehr gebildeter Mann Namens Utzschneider, ein Gerber (oder vornehmer gesagt Lederfabrikant, so wie Spiritusfabrikant statt Branntweinbrenner) von Profession, hatte das nöthige Geld. Auch er hatte es nicht im Staatsdienste erworben, den er seiner Unfruchtbarkeit wegen aufgegeben (er war Geheimer Finanzrath), sondern als Gewerbtreibender. Dieser reiche Mann, welcher den Werth des Geldes wohl kannte und wußte, wie nöthig es sei, um in der Technik etwas Bedeutendes zu leisten, verband sich mit dem kenntnißreichen und practischen Herrn v. Reichenbach zur Begründung einer optischen Kunstanstalt. Dieselbe ward in einem alten Kloster Benedictbeuren im Isarkreise errichtet und man hatte allerlei schöne Projecte und viele große Hoffnungen, zu deren Realisirung nur eine Kleinigkeit gehörte, nämlich ein Genie. Practische Kenntniß und Geld hatte das Glück schon zusammengeführt, es sollte auch an dem dritten Element nicht fehlen; der junge, kaum 20jährige Fraunhofer ward zum Führer der technischen Geschäfte vorgeschlagen,

esonders aber ward ihm die Leitung der Glasschleiferei übertragen — An-
ngs nur versuchsweise. Bald zeigte sich, daß man den rechten Mann,
aß man das belebende Princip gefunden; das Genie war mit Geld und
enntnissen in Compagnie getreten und die natürlichen Folgen blieben nicht
us. Mit einem noch nie gesehenen Eifer studirte er Optik und Physik,
eferte Gläser von trefflicher Form, erfand eine neue Polirmaschine und
ab seinen Objectiven eine Durchsichtigkeit, welche man früher kaum geahnt
atte und wodurch die englischen Gläser schon weit übertroffen wurden, ob-
hon man das Flintglas noch immer aus England bezog (die Engländer
oliren die Gläser absichtlich sehr schlecht, um durch das Poliren auf Pech
ie gewonnene gute Form nicht zu verlieren, indem das Pech durch die Er-
ärmung selbst seine Form verliert, Fraunhofer polirte auf seinen Metall-
heiben, die mit Seidenzeug überzogen waren, wodurch er die Form un-
eränbert erhielt und eine höhere Durchsichtigkeit erzielen konnte).

Nun ward versucht, das Krystallglas der Engländer nachzuahmen;
ine geschickte chemische Untersuchung machte ihn mit den Bestandtheilen
esselben bekannt, die Sache war an sich nicht schwer, weil schon eine Glas-
ütte am Orte war — Fraunhofer machte Flintglas! weißer, reiner,
reier von Streifen als das englische und bald auch in viel größeren
Nassen. Sie erreichten eine Ausdehnung, welche man gar nicht für mög-
ich gehalten, Fraunhofer lieferte, wie er nach und nach kühner und
reier wurde, zuletzt Stücke von 14 Zoll Durchmesser und 3 bis 4 Zoll
Dicke. Er hatte das Mittel gefunden, die Bestandtheile des Flint- oder
rystallglases so innig zu verbinden, daß sie sich nicht mehr durch die
Schwere trennten, so gut zu vereinigen, daß die untersten Schichten eines
Glashafens das Licht nicht anders brachen als die obersten, kurz, daß es
ollkommen homogen, innerlich gleichmäßig war. Hierin hatte das Hinderniß,
roße Maßen zu Objectiven zu bekommen, eigentlich gelegen; war dies be-
eitigt, so gab es keine Schranke mehr und dies zeigte sich auch bald in
er Vervollkommnung der mächtigen Refractoren, wie dieselben für die Stern-
arten zu Dorpat, Berlin, Petersburg, München, Leipzig, Paris u. s. w.
eliefert wurden und welche Oeffnungen von 9 bis 14 Zoll bei 16 bis
0 Fuß Brennweite haben. Auch das Crownglas wurde unter seiner Lei-
ung viel besser gefertigt als das englische.

So technisch mit Glück beschäftigt, ein wahrer Reformator der Kunst,
stronomische und Beobachtungsinstrumente zu bauen und hierdurch Schöpfer
er ganzen neueren, physischen Astronomie, welche nur durch die gewaltigen,
us seinen Händen hervorgegangenen, paralaktisch aufgestellten Refractoren
öglich war, machte er noch die bedeutendsten Entdeckungen über die Eigen-

ſchaften des Lichtes, für welches er das geworden iſt, was Mellon die Lehre von der Wärme, und er erfand Inſtrumente (Marterwer würde Göthe ſagen), die noch jetzt, dreißig Jahre nach ſeinem Tode, ſchöner und zweckmäßiger haben angefertigt werden können.

Es gehören hierher die ſämmtlichen Inſtrumente, welche zu den J ferenzverſuchen gebraucht werden, die feinen Spalten durch zwei parallel ſchiebbare Schneiden hervorgebracht, die feinen Gitter auf vergoldetem oder in das Glas ſelbſt geſchnitten, die dazu gehörigen Fernröhre und kroſkope mit Meßvorrichtungen, die vortrefflichen Polariſationsapparate u.

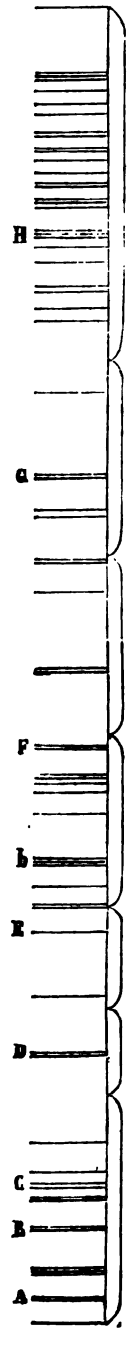
Eine der merkwürdigſten Entdeckungen, welche er machte, war die dunklen Querlinien im Spectrum. Die Art, das Spectrum darzuſtellen, ge ihm nicht, weil vor allen Dingen durch die zu große Oeffnung ein S nenbild auf der gegenüber ſtehenden Wand entworfen wurde, wodurch Genauigkeit der Beobachtung beeinträchtigt werden mußte.

Dieſen Uebelſtand zu beſeitigen, fing man zuvörderſt das durch mäßige Oeffnung eindringende Sonnenlicht mit einem Brennglas*) von geringer Brennweite auf, wodurch das Sonnenbild an ſich ſo ſehr verkle wurde, daß es beinahe wie ein Punkt angeſehen werden konnte. Von di verkleinerten Sonnenbilde ward nunmehr ein Strahl entnommen, indem das ganze Bild ſich erweitern, auf einem undurchſichtigen Schirm ausbi ließ, in der Mitte deſſelben aber eine außerordentlich kleine Oeffnung brachte, durch welche nunmehr der aus der Mitte des Sonnenbildes mende Lichtſtrahl in den Raum eindringen konnte, in welchem experime wurde. Dieſer ſehr verringerte, in ſeiner Breite reducirte Lichtſtrahl w nun auf das Prisma gelenkt; allein noch einfacher und bei Weitem kommener wurden die ſämmtlichen Erſcheinungen, als man außerhalb Zimmers einen polirten Stahlcylinder horizontal niederlegte und die von Sonne darauf erzeugte blendende Lichtlinie dazu benutzte, ihr reflectirtes durch eine dem Cylinder parallel laufende, möglichſt lange, aber ſchmale Spalte in ein verfinſtertes Zimmer auf das Prisma fallen zu la

Hier nun erhielt man die wundervollſten Farbenbilder und in il die Interferenzerſcheinungen in einer Schönheit, welche ſelbſt den Erfi überraſchte. Da aber auch hier das Sonnenbild noch eine bemerkbare B hatte, ſo wurde innerhalb des Zimmers und unmittelbar vor das auf

*) Der Verfaſſer ſagt hier, wie ſchon mehrere Male, abſichtlich Brennglas Glaslinſe, weil er vorausſetzen kann, daß jeder ſeiner Leſer wiſſe, was ein Brennglas indeß der Begriff Glaslinſe in dieſem Buche noch nicht entwickelt worden und darum als den Leſern allgemein bekannt angenommen werden kann.

Fig. 326.



gende Prisma noch eine zweite Spalte parallel mit der ersten in einem Schirme angebracht, wodurch das Licht bedeutend verringert wurde und das, was man als Sonnenbild zu betrachten genöthigt ist, sich doch wirklich auf eine Linie reducirte.

In dieser Vorrichtung hat man den außerordentlichen Vortheil, daß man erstens ein sehr viel breiteres Spectrum bekommen kann als durch eine runde Oeffnung, zweitens, daß das Sonnenbild nicht rund wird, also beim Zerstreuen des Lichtes zu Farben, nicht Kreise verschiedenen Lichtes über einander greifen, wie Seite 441 angedeutet ist, sondern alle Linien unter einander parallel bleiben.

In einem auf diese Weise erhaltenen Spectrum sieht man nun erstens die Farben alle rein neben einander, es ist dasselbe zwar lichtschwach, allein im dunklen Zimmer gewöhnt man sich bald daran und man sieht die Farben um so klarer, je weniger blendend sie durch ihre mächtige Wirkung sind. Das nebenstehende Schema, Fig. 326, giebt an, welche Strahlen in dem ganzen Spectrum und wie viele in den einzelnen Farben desselben vorzugsweise in die Augen fallen.

Soll die Erscheinung glänzender sein, so läßt man die zweite Spalte unmittelbar vor dem Prisma weg, wodurch die ganze Lichtmasse, welche durch die erste, in der Wand des verfinsterten Zimmers befindliche geht, zur Wirkung gelangt, um aber nunmehr die nöthige Schärfe zu haben, welche bei dem etwas diffusen Licht, das in zu großer Menge einfällt, leidet, ersetzt man die begrenzende Spalte durch ein sehr reines Brennglas von mehreren Fuß Brennweite, welches nicht vor, sondern hinter das Prisma gebracht wird, so daß es die aus demselben tretenden, aus einander gehenden Strahlen auffängt und auf die weiße Wand wirft. Hierdurch gewinnt man ein wunderschönes Farbenbild und die Querlinien treten in überraschender Deutlichkeit hervor.

Im ganzen Spectrum hat Fraunhofer nahe an 600 schwarze Linien von mehr oder minderer Stärke gezählt, welche im Allgemeinen immer an derselben Stelle

bleiben. Um nun nähere Bestimmungen machen, um deutlich aus einander setzen und beschreiben zu können, was gemeint wird und was gefunden ist, verließ Fraunhofer die Bezeichnung nach den Farben, welche unsicher ist, da die Farben in einander übergehen und wendete statt dessen zur Bestimmung der Orte die hervortretendsten Linien an, deren er sieben mit den Buchstaben *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G* und *H* bezeichnete, wir haben auf unserer Zeichnung dieselben von unten auf angegeben. *A* bezeichnet den Anfang des Spectrums, es liegt im Roth, wird aber nicht mitgezählt, weil es keine Abtheilung macht. Im Roth liegen die Linien *A*, *B* und *C*, zwischen *B* und *C* liegen 9 feine Linien, von *C* bis *D* im Orange laufen ungefähr 30 Linien, von *D* bis *E* zählt man 84, von *E* bis *F* mehr als 76, unter denen sich 3 befinden, welche zu den stärksten im Spectrum gehören; von *F* bis *G* befinden sich 189, von *G* bis *H* nahe an 200, im Ganzen also zwischen 580 und 590. Wendet man ein Prisma von reinem Flintglas oder noch besser von Schwefelkohlenstoff an (welche Flüssigkeit man zwischen zwei sehr dünne und parallel geschliffene Glastäfelchen bringt), so kann man die stärksten der Linien mit bloßen Augen sehen, weil diese Substanzen eine große farbenzerstreuende Kraft haben; sonst wendet man ein Fernrohr an, welches weit genug ausgezogen werden kann, um nahe Gegenstände zu beobachten; mit einem solchen sieht man dann auch die allerfeinsten Linien, welche natürlich nicht zum zehnten Theile ihrer Anzahl in der Zeichnung angegeben sind.

Fraunhofer beobachtete die Linien noch auf eine andere directere Weise; er stellte nämlich ein Fernrohr von großer Vollkommenheit nahe hinter dem Prisma auf, so daß die aus einander gehenden Strahlen in das Fernrohr fallen und so direct beobachtet werden können, ohne daß sie vorher auf einer Tafel aufgefangen werden müssen, was die Beobachtung zwar nicht erschwert, aber doch weniger sicher macht.

Die gedachten Linien erscheinen vollständig gruppenweise, sie sind nicht zerstreut über das ganze farbige Bild, sondern geordnet um gewisse, sich immer gleich bleibende Punkte und „sie liefern den Beweis, daß die Bestandtheile eines zerlegten weißen Sonnenstrahles nicht eine stetige Reihe von Strahlen verschiedener Brechbarkeit bilden, sondern daß Strahlen von gewissen Farbenabstufungen (von gewissen Graden der Brechbarkeit) abgehen, so daß die dunklen Linien die Lücken im Spectrum darstellen, welche diesen fehlenden Strahlen entsprechen. Diese Linien liegen immer in den nämlichen Theilen des Spectrums und behalten dieselbe gegenseitige Ordnung und Lage, dieselbe Breite und Dunkelheit, vorausgesetzt, daß das Spectrum durch Sonnenlicht und einmal wie das andre durch Prismen von der-

ben Substanz erzeugt werden. Eine Verschiedenheit der Substanz bewirkt ar auch keine Aenderung der Anzahl, Ordnung und des Grades der nkelheit, wohl aber ändert sich dadurch der gegenseitige Abstand der Linien ter einander."

Man hat nun auch die Streifen untersucht, welche durch das Licht : Sterne hervorgerufen worden und da ist man zu dem sehr merkwür- en Resultate gelangt, daß die Planeten Venus, Jupiter u. a. ganz die- ben Zeichnungen liefern wie die Sonne, daß aber unter dem Lichte der :sterne ein auffallender Unterschied ist. Schwer begreiflich, da wir wissen, ß die Fixsterne Sonnen sind, *also ein Licht von gleicher Beschaf-* nheit aussenden sollten und da wir eben so wissen, daß die **Planeten** cht solches Licht wie die Sonne geben, sondern von einem **dunklen** rper reflectirtes. Wäre die Venus eine *polirte* **Metallkugel**, so ißte ihre Wirkung auf das Prisma ganz dieselbe sein, wie die **Wirkung** : Sonne, da sie aber nicht polirt ist, sondern ein dunkler und unebner rper wie die Erde, von sehr verschiedener Oberflächenbeschaffenheit, so rd das durch sie zurückgeworfene Licht so bedeutend verändert, wie wir es iter unter dem Artikel Polarisation des Lichtes kennen lernen werden.

Das elektrische Licht zeigt nun gar den auffallendsten Unterschied, denn statt der schwarzen Streifen bringt es helle auf dem farbigen Grunde vor; einer derselben, der sich durch seinen ganz besonderen Glanz aus- hnet, findet sich in der grünen Farbe. Auch das Licht der Wasserstoff-, Alkohol- und der sonstigen Lampen- und Kerzenflammen zeigt helle Linien, sehr schwache Wasserstoffflamme im Blau, die andern im Gelb, welches der Weingeistflamme besonders stark hervortritt, es scheint dies daher kommen, daß die sämmtlichen gedachten Flammen kein vollkommen weißes ht zeigen, sondern einen Ueberschuß von derjenigen Farbe haben, in welcher) die hellen Linien am häufigsten zeigen.

Diese Beobachtungen zeigen unwidersprechlich, daß es verschiedene Licht- en giebt und daß das Licht der Sonne, der Sterne, der Flammen, der ktricität durchaus *nicht* von gleicher Art sei. Die schwarzen Striche d das sicherste Kennzeichen der vollkommensten Reinheit und Gleichartig- des Lichtes und ihre Lage in den verschiedenen Farben giebt ein vor- fliches Prüfungsmittel für die Eigenschaften der durchsichtigen Körper.

Aus den Eigenschaften des Lichtes, in verschiedene Farben zerlegbar zu n, und aus den Eigenschaften der Körper, verschiedene Farben mit mehr aft zu reflectiren als andere, diese andern dagegen leichter zu absorbiren, h. ihnen Eingang oder Durchgang zu gestatten, erklärt sich ungezwungen jenige, was wir „die natürliche Farbe der Körper" nennen. Ein Körper

erſcheint weiß, wenn er alle Strahlen zurückwirft, die von einer Lichtquelle her auf ihn fallen. Ein ſolcher Körper iſt entweder ein Spiegel, polirt, dann iſt dies Zurückwerfungsvermögen des weißen Lichtes oder aller Lichtſtrahlen ſo groß, daß er ſie nicht nur überhaupt und insgeſammt, ſondern auch in der Ordnung zurückwirft, wie ſie auf ihn fallen, man ſieht alsdann die Körper, welche ihre Strahlen auf ihn ſenden, ſelbſt in ihm abgebildet; oder der Körper iſt rauh, dann wirft er zwar (ſobald er weiß erſcheint) auch alle Strahlen zurück, aber er wirft ſie nicht geordnet, wie ſie auf ihn fallen, ſondern gemiſcht, durch einander gewürfelt zurück — dann ſieht man nicht die Bilder der Licht ausſendenden Körper, ſondern man ſieht den zurückwerfenden Körper ſelbſt und zwar in weißer Farbe.

Ein ſolcher beleuchteter Körper, wenn er im Gegenſatz zur Zurückwerfung *aller* Strahlen, *gar keine* zurückwirft, iſt unſichtbar, man ſieht eine ſchwarze Stelle. Wir leſen nicht dadurch, daß wir ſchwarze Buchſtaben auf weißem Papier ſehen, ſondern dadurch, daß wir die ſchwarzen Buchſtaben *nicht* ſehen, nur die weiße Umgränzung derſelben. Dies klingt ſehr paradox, iſt jedoch vollkommen wahr und läßt ſich in aller Schärfe beweiſen, allerdings nicht gerade für unſern Zeitungsdruck, wo Dunkelgrau auf Hellgrau ſteht, wohl aber für guten Druck, wie er aus einigen Berliner, Leipziger und Pariſer Officinen hervorgeht.

Es giebt eine bequeme Art Wäſche zu zeichnen, welche man den Hausknechten der Kaufleute abgelernt hat, die ihre Collis und Kiſten auf ſolche Art bezeichnen, nämlich durch Chablonen. Ein breites Stück Blech, woraus die Buchſtaben und Zeichen, die man auf die Kiſten u. ſ. w. aufzeichnen will, ausgeſchnitten ſind, wird auf die zu bezeichnende Fläche gelegt und mit einem breiten Pinſel wird ſchwarze Farbe über das ganze Blech geſtrichen. Dieſe kann natürlich die Pappe, das Holz, die Packleinwand nur dort treffen, wo das Blech fortgenommen iſt und wenn man nunmehr die Chablone abhebt, ſo ſieht man ſchwarze Buchſtaben auf hellem Grunde.

Man chablonirt jetzt auf ſolche Art Adreſſen, Firmen, ganze Anzeigen; ſie koſten viel weniger als der Druck, es ſind Stereotypen moderner Art. Um Wäſche zu zeichnen, macht man dergleichen aus einem kaum papierdicken Kupferblech und der Verfaſſer hat ganz allerliebſte und fein geſchnittene Namenszüge, ganze Namen, Deviſen u. dergl. geſehen — natürlich nimmt man, wenn man ſolch Kupferblech in der Hand hat, wahr, daß darauf etwas fehlt, man ſieht die Löcher und durch dieſelben die dahinter liegenden Gegenſtände. Wenn man aber ſolche Kupfertafel mit Schlemmkreide weiß anſtreicht und ſie auf ein Stück ſchwarzes Tuch legt oder gegen ein finſteres

Zimmer hält, so wird ein Jeder finden, es mache den Eindruck einer zierlichen schwarzen Schrift oder Zeichnung auf weißem Grunde und hier ist an der Stelle, welche man zu sehen glaubt, in den schwarzen Schriftzügen thatsächlich nichts zu sehen, ganz gewiß sieht man also nicht die schwarze Schrift, sondern das weiß angestrichene Blech, welches die Umgrenzung der Züge bildet. Derselbe Fall tritt auch bei dem Druck ein, nur sind wir uns dessen nicht bewußt, ja wir haben wohl gar die Ueberzeugung vom Gegentheil und haben die Absicht, uns nicht eines Andern überzeugen zu lassen — dann ist freilich nicht viel auszurichten.

Blaue, rothe Schrift, diese sehen wir; Weiß auf Schwarz, Weiß auf Blau, sehen wir, es giebt sogar Weiß auf Weiß, eine sympathetische Dinte aus einer wässerigen Lösung von essigsaurem Blei, welche nach dem Trocknen verschwindet, aber deutlich zum Vorschein kommt, sobald man sie durch das Sonnenlicht oder durch den geheizten Ofen erwärmt, wodurch die Bleiweißschrift auf dem nicht so weißen Papier sich sehr kenntlich abhebt. Diese sehen wir, das Schwarze nicht, allerdings muß dabei gesagt werden, daß nicht alles schwarz ist, was man für schwarz ausgiebt und daß, wo etwas nicht alle Strahlen des darauf fallenden Lichtes verschluckt, es in so weit sichtbar ist als es noch, sei es auch noch so wenig, Licht zurückwirft.

Es giebt Fälle, in denen ein Körper nur eine Farbe zurücksendet, alle übrigen aber verschluckt, dann erscheint er in dieser einen gelb, blau oder roth ꝛc., um so reiner und schöner, je vollständiger die Absorption aller anderen Farben des Lichtes stattfindet, je entschiedener gerade nur diese eine Farbe zurückgesendet wird. Solche Farben sind selten, meistens nur bei Blumen oder Vogelfedern, doch ist es auch der Kunst möglich, sie auf Papier, Seide, auf Metall ꝛc. hervorzubringen.

Läßt man auf eine so vollkommen rein gefärbte Fläche das Sonnenbild durch ein Prisma fallen, so sieht man nur diejenige Farbe des Spectrums, welche der des gefärbten Gegenstandes entspricht, alle anderen verschwinden in grau, braun, schwärzlich, ja alle verschwinden vollkommen in schwarz, wenn die Farbe der Fläche wirklich rein ist und sie keine Beimischung einer andern Farbe hat. Gewöhnlich haben wir nicht so schöne Pigmente, es würden also die andern Farben des Prisma immer noch, wenigstens in einiger Art zur Geltung kommen, allein daß es so ist, liegt eben in der Unvollkommenheit unserer Farbe. Legt man ein reines Roth in die gelbe Farbe des Prisma's, so wird es durchaus schwarz, eben so in der blauen, also auch in der grünen, welche aus Blau und Gelb gemischt ist; keineswegs aber im Violett und im Orange des Spectrums, denn diese

Nüancen enthalten Roth und dies kommt auf dem rothen Papiere zur Geltung.

Ganz eben so verhält es sich mit den durchsichtigen Farben, z. B. mit Edelsteinen oder mit durch Metalloxyde gefärbten Gläsern. Betrachtet man durch solche Gläser von recht reinen Farben (sie sind übrigens sehr selten) andre Farben, so erhält man diejenige, welche das Glas selbst zeigt, nur durch reflectirtes Weiß und durch eine dem Glase gleiche Farbe. War z. B. das Glas blau, so sehen wir weiße Flächen blau, so wie wir sie jedoch mit andern daneben liegenden gefärbten Gegenständen vergleichen, werden wir zu finden glauben, daß sie eigentlich weiß aussehen und daß alle anderen Farben bis zur völligen Unkenntlichkeit entstellt, sobald sie dunkel sind, sogar schwarz werden. Grün geht in ein schmutziges Braun über, welches Aehnlichkeit mit der Farbe aufgetrockneten Blutes hat.

Ist das Glas roth, so sieht man dadurch Weiß eben so gut Roth, wie durch ein blaues Glas Blau, man hält es für Weiß, weil es weißes Licht aussendet, alle übrigen Farben, das reine Roth, welches der Farbe des Glases ganz gleich ist, ausgenommen, werden schwarz oder grau; so verwandelt sich Grün und Blau auf das Entschiedenste in Schwarz, wenn der Ton der Farbe nur ein wenig dunkel ist, bei großer Helligkeit des Pigmentes erscheint dasselbe aber grau. Violett (in welchem neben dem blauen Lichte auch rothes ist) kann als Violett nicht verkannt werden, dagegen wird man es höchst überraschend finden, daß Hochroth, Zinnoberroth sich durch das rothe Glas in Kreideweiß verwandelt, der rothe Schnitt eines Buches, der rothe Kragen eines Soldaten sehen entschieden weiß aus, d. h. sie sehen aus wie das Weiße durch ein rothes Glas betrachtet, die rothen Strahlen des rothen Gegenstandes gehen ungehindert durch das rothe Glas (die blauen durch das blaue), von der weißen Fläche gehen auch nur die rothen Strahlen durch das rothe Glas, darum sieht ein rother Gegenstand einem weißen an Farbe gleich und wir glauben nur das Rothe weiß zu sehen, indeß wir thatsächlich das Weiße wie das Rothe, nämlich roth sehen.

Aehnliche Erscheinungen erhält man durch farbige Flammen oder dadurch, daß man die weiße Lichtflamme einer Argand'schen oder einer Gaslampe durch ein recht rein gefärbtes Glas gehen läßt, wovon wir oben bereits Einiges angeführt haben, indem wir der Weingeistflamme und ihrer Wirkung erwähnten, es gilt all dies auch für eine Flamme, welche durch Strontian roth gefärbt oder welche durch ein rothes Glas gegangen ist, so wie es für eine blau gefärbte Flamme gilt, nur dasjenige, was die Farbe der Flamme hat, wird gesehen, das Andere nicht.

In dem verschiedenen Reflectiren und Durchlassen der Farbe liegt der

Grund mancher der großartigſten Erſcheinungen verborgen, warum uns z. B. der Himmel blau, die aufgehende Sonne roth vorkommt, es liegt darin die Urſache der Morgen- und Abendröthe, der Dämmerung u. ſ. w. Die trockne Luft wirft von den auf ſie fallenden Sonnenſtrahlen vorzugsweiſe die blauen zurück, allerdings auch weiße, daher ihre an ſich helle blaue Farbe, allein ſie wirft der blauen deſto mehr, der weißen deſto weniger zurück, je reiner und je trockner ſie iſt; dies iſt der Grund, warum in den tropiſchen Gegenden die Luft ſo außerordentlich dunkel iſt, und warum ſie es auch in unſern Gegenden ſchon in einem hohen Grade wird, wenn wir auf bedeutende Höhen, z. B. auf 10,000 Fuß hohe Alpengebirge ſteigen. Geſchieht dies in den tropiſchen Gegenden, ſo haben die Luftbläuemeſſer keinen Ton mehr für die tiefen Farben der Luft. Würden wir uns ſo weit erheben können, daß die Luft kein Licht mehr reflectiren könnte, ſo würde der Himmel uns daſelbſt ganz ſchwarz erſcheinen; ſo muß es nachweislich auf dem Monde ſein, auf der Erde gelangen wir nirgend ſo weit, denn wo die Luft noch athembar iſt, wo ſie dem Menſchen noch den Aufenthalt geſtattet, da iſt ſie auch noch dicht genug, um Licht zu reflectiren; allein um ſie ſo dunkel zu ſehen, wie der tiefſte Indigo, dazu braucht man gar nicht ein Geſellſchafter des Condors zu werden, welchen Humboldt noch 30,000 Fuß über ſeinen 18,000 Fuß hohen Standpunkt am Chimborazzo erblickte, es genügt eine Erhebung von 4000 Fuß über Quito (eine Erſteigung des Pichincha), um dies Ziel zu erreichen. Iſt die Luft aber mit Feuchtigkeit beladen, ſo erſcheint ſie immer mehr weiß. An einem recht ſchönen Sommertage, an welchem kein Wölkchen am Himmel iſt und die Sonne ſcheinbar ſehr klar leuchtet (in der That findet der Meteorolog ſie an ſolchem Tage nicht klar und hell leuchtend), doch das Himmelszelt nicht blau, ſondern faſt weiß ſchmückt, kann man mit ziemlicher Gewißheit auf Regen rechnen, der Waſſerdampf reflectirt weißes Licht, deshalb ſehen die von der Sonne beſchienenen Wolken auch wie ſchneebedeckte Gebirge aus und ihre Säume leuchten wie verſilbert.

Dies findet ſtatt, wenn die Sonne die Luft beſcheint, wenn ſie dieſelbe aber durchſcheint, wenn ſie für den Beobachter hinter der Luft ſteht, ſo verhält ſich die Sache ganz anders. Die Luft reflectirt blaues Licht, ſie läßt durch gelbes Licht. Steht nun die Sonne am Mittage hoch genug, ſo erſcheint ſie uns faſt ganz weiß; ſie ſollte wohl ein wenig gelblich erſcheinen, weil das bläuliche Licht der Luft, auf welche ſie ſcheint, ja nicht mit in unſer Auge gelangt, alſo ein Ueberſchuß des gelben in dem durchgehenden Lichte der Sonne gefunden werden muß. Bei der ungeheuren

Masse des Lichtes, welche auf unser Auge einströmt, ist jedoch der Unterschied zu gering, um bemerkt zu werden.

Wenn aber die Sonne niedrig steht, am Morgen oder am Abend, so durchstreichen die Sonnenstrahlen viel größere Mengen Luft und zwar nicht nur große Längen, sondern Strecken von viel größerer Dichtigkeit; dann ist die Menge des blauen absorbirten Lichtes so groß, daß sein Verlust deutlich bemerkbar wird, dann erscheint uns die Sonne unzweifelhaft gelb, sie wird auch immer dunkler, je tiefer sie dem Horizonte zu sinkt und hat endlich eine Farbe, welche so hochgelb oder orange ist, daß sie von dem unbefangenen Beobachter immer roth genannt wird. Hier nehmen wir denn sehr wohl den Verlust an blauer und violetter Farbe wahr, welchen das Sonnenlicht beim Durchgange durch die dickere und dichtere Luft erleidet, allein wir können auch die Probe auf das Exempel machen; im reflectirten Lichte müßte dann die Luft violett erscheinen. Nun, dies werden wir finden und zwar auch wieder ohne Martern und Torturen, die wir dem Lichte anthun.

Wenn man im Freien die Sonne untergehen sieht und die Luft ist nicht vollkommen klar, sondern etwas weniger durchsichtig als sie bei recht schönem Himmelblau sein würde, wenn also die Sonne nicht gelb, sondern roth untergeht, so suche man sich einen Standpunkt auf, von welchem man es in seiner Gewalt hat, durch ein paar Schritte rechts oder links das Sonnenbild sich hinter einem dunklen Gegenstande, einem fernen Hause, einer dichten Baumgruppe, verbergen zu lassen, dann wird man wahrnehmen, daß, so lange man die Sonne sieht, der Himmel in ihrer Nähe hochgelb gefärbt ist, man wird aber auch wahrnehmen, daß, sobald die Sonne hinter dem Hause dergestalt verborgen ist, daß man sie selbst nicht mehr sieht, diese eben betrachtete Luft statt der gelben Farbe nunmehr das prächtigste, duftigste Violett angenommen hat. Man kann dieses Experiment wiederholen, so oft man will, bis zu dem Augenblick, wo die Sonne untergegangen ist, dann gelingt es nicht mehr, wahrscheinlich weil dann die von der Luft zurückgeworfenen violetten Lichtstrahlen über den Standpunkt des Beobachters hinaufgehen.

Es sollte in dem Augenblick, in welchem die Sonne unter den Horizont taucht, Nacht sein, so ist es auch auf dem Monde, wo im Schatten stehen unsichtbar sein heißt, der Schatten, den ein Mondberg hinter sich auf die Mondebene wirft, ist vollkommen schwarz; daß es auf der Erde nicht so ist, kommt eben von der Anwesenheit der Atmosphäre her, welche eine lichtbrechende und lichtzurückwerfende Kraft hat. Vermöge der ersteren scheint die Sonne noch über dem Horizont zu stehen, wenn sie schon unter

egangen ist, vermöge der letzteren ist es auch noch da ziemlich hell und enigstens noch lange nicht Nacht, wo die Sonne nicht mehr hinscheint und ieser Reflex bringt zum Theile die gedachten Erscheinungen, zum Theile noch ndere nicht minder schöne und wunderbare hervor.

Dämmerung.

Was man Dämmerung nennt, glaubt ein Jeder zu wissen, in dieser Voraussetzung begnügt er sich, es niemals zu lernen. Da das Phänomen der Dämmerung aber mit dem Lichte, der Brechbarkeit und Zurückwerfbarkeit desselben im genauesten Zusammenhange steht, so mögen meine Leser mir erlauben, dasselbe hier aus einander zu setzen.

Wenn die Sonne hoch am Himmel steht, so durchläuft ihr Licht eine Luftschicht von ungefähr 10 Meilen, welche von dem Erdboden an aufwärts immer dünner wird, so daß man in einer Höhe von 18,000 Fuß schon die ganze Hälfte der Luftmasse unter sich hat. Würde die Luft überall so dick sein, wie sie an der Erde ist, so würde die Masse, welche wir Atmosphäre nennen, noch lange nicht 18,000 Fuß dick sein.

Dies vorausgesetzt, sieht ein Jeder leicht ein, daß, wenn die Sonne im Horizont steht, ihr Licht schon in der geringen Entfernung von 10 Meilen (der Höhe der Atmosphäre), von dem Beobachtungsorte aus der Sonne entgegen gerechnet, eine Luftmasse zu durchstreichen hat, welche mehr als dreizehn Mal so groß ist als die Luftmasse, die ihr Licht durchläuft, wenn es die Erde senkrecht trifft. Bevor aber eine Linie, durch den Horizont des Beobachters wagerecht gelegt, die Grenze der Atmosphäre in 10 Meilen Höhe trifft, muß sie auf 60 Meilen verlängert werden. Das Licht der Sonne hat also zur Zeit des Sonnenunterganges eine Luftschicht von 60 Meilen Dicke zu durchlaufen, um in das Auge des Beobachters zu gelangen, von welchen 60 Meilen die Hälfte in der dichtesten Schicht der Atmosphäre liegen.

Daß unter solchen Umständen von dem Lichte der Sonne sehr viel mehr absorbirt wird, als wenn sie im Zenith steht, unterliegt keinem Zweifel und ist auch einem Jeden einleuchtend, der da weiß, wie bequem man mit beiden offenen Augen in die Sonne sehen kann, wenn sie im Aufgehen oder im Untergehen begriffen ist und sich erinnert, wie wenig dies möglich ist, wenn sie noch lange nicht senkrecht über ihm, sondern nur 30—40 Grad hoch über dem Horizont steht.

Von dem Lichte, welches absorbirt wird, ist das meiste blau, indeß das rothe zum größten Theil und das gelbe beinahe ganz zum Durchgange

gelangt, bis auf dasjenige, was die Atmosphäre nicht reflectirt, sondern absorbirt, gleich jedem nicht vollkommen durchsichtigen Körper. Dies ist der Grund der schönen rothen Farbe, in welcher wir den Abendhimmel erglänzen sehen.

Gegendämmerung.

Allein nicht nur hier, sondern auch der Sonne diametral gegenüber zeigt sich ein rother Schein, welcher zuweilen in das Purpurrothe übergeht und seinen höchsten Glanzpunkt in dem Augenblick erreicht, in welchem die Sonne unter den Horizont herabsinkt. Diese Färbung rührt von den letzten Strahlen der Sonne her, welche durch die sehr dichte Atmosphäre nur gelbes und rothes Licht versendet, daher von dem gegenüberliegenden (östlichen) Theile des Himmelsgewölbes auch nur dies zurückgeworfen werden kann, da die Luft jedoch das Gelb der Sonnenstrahlen ganz ungehindert durchgehen läßt, so kann nur das Rothe noch reflectirt werden. Man nennt diesen Schein die Gegendämmerung und sie steigt um so höher, je tiefer die Sonne sinkt; kurze Zeit nachdem dieselbe untergegangen ist, erhebt sich vom östlichen Horizont, der Sonne gerade gegenüber, ein dunkler Kreisabschnitt, in welchem man eine bläuliche Farbe erkennt und in welchem man auch wohl Sterne blinken sieht, was höher hinauf, wo der rothe Schein den Himmel überzieht, noch nicht der Fall ist. Dieser dunkle Abschnitt wird durch den Schatten der Erde hervorgebracht; je tiefer die Sonne sinkt, je höher steigt der Schatten, und daß es nichts als dieser ist, kann man allein aus dem Umstande entnehmen, daß der Gipfel des blauen Bogens genau der Sonne gegenüber liegt. Wenn der Schatten der Erde höher steigt, also einen immer größeren Raum am östlichen Horizont einnimmt, so steigt auch der ihn umgebende rothe Rand, allein er wird mit jedem Augenblick bleicher und verwaschener, geht in Gelb über, in Weiß und verschwindet endlich ganz, man pflegt zu sagen: wenn die Sonne 18 Grad unter dem Horizont steht, oder wenn die Sterne sechster Größe dem bloßen Auge sichtbar sind; Bestimmungen, welche sich nicht rechtfertigen lassen, da die Zeit, während welcher die Dämmerungserscheinung stattfindet, lediglich von der Beschaffenheit der Atmosphäre, von ihrer größeren oder geringeren Reinheit, d. h. von ihrer geringeren oder größeren Belastung mit Wasserdünsten herrührt.

Alpenglühen.

Eine merkwürdige Erſcheinung iſt die grüne Färbung des Himmels. igen ſich rothe Wölkchen nach dem Sonnenuntergange, ſo iſt dieſe grün- e Färbung des blauen Himmels dergeſtalt auffällig, daß ſie nicht leicht bemerkt vorübergehen kann; es haben daher auch viele Gelehrte darüber chrieben, zu einer Einigung ihrer Anſichten ſind ſie jedoch nicht gekommen. e Einen glauben das Grün dadurch zu erklären, daß der gelbe Schimmer r untergehenden Sonne ſich über das Blau des Himmels verbreite, die deren behaupten, vielleicht mit mehr Recht, das Grün ſei eine ſubjective rbe und erſcheine im Auge des Schauenden als gefordert durch die nach- rliche Purpurröthe.

Im nächſten Zuſammenhange mit der Abendröthe, d. h. mit den pracht- llen Farben, welche die untergehende Sonne über Himmel und Gewölk ut, ſteht das ſogenannte Glühen der Alpen. In der Schweiz und in rol, in Steiermark, überall wo Alpen die Schneegrenze um ein Bedeu- des überſchreiten, ſieht man kurze Zeit nach dem Untergange der Sonne Berggipfel geröthet. Die Thäler verſinken in bläuliche Nacht, die Höhen ben noch Tageslicht, wenigſtens noch Dämmerungslicht, nun iſt auch für die Sonne gänzlich untergegangen, aber ſie beſcheint noch die ſchneeigen pfel der Hochgebirge, dann haben die prächtigen Gebirgsmaſſen ganz das ſehen eines leuchtenden rothen Wolkenſaumes, ja Kämtz beſchreibt einen hen Anblick, den er am 4. Auguſt 1832 gehabt, wo er ſich zwiſchen Leneuve und Bar befand, noch auffallender, die Berge glichen nicht nur henden Eiſenmaſſen, ſie ſchienen alle hohe Feuerpyramiden zu ſein. Man Gemälde von Schweizerlandſchaften, welche dieſen Augenblick darſtellen. r die Natur nicht in ſolchen Momenten belauſcht hat, wer dergleichen ht geſehen, der findet die Darſtellung gewöhnlich übertrieben, indeß ſie h gerade hinter der Wahrheit zurückbleibt, weil kein Maler es wagt, ten Pinſel in reinen Purpur zu tauchen; wer ſelbſt dort geweſen, findet angezogen, doch wenigſtens eine Andeutung von dieſer Prachterſcheinung ſehen. Die Erſcheinung iſt an ſich dieſelbe, als ob man Gegenſtände ch rothes Glas beleuchten läßt. Auf den Theatern bringt man ähnliche ecte dadurch hervor, daß man für Mondſcheinlandſchaften das Licht durch ue, für Abendrothlandſchaften, für Sonnenuntergang oder Sonnenaufgang rch rothe Gläſer geben läßt. In der Natur geſchieht auch nichts Anderes, e untergehende Sonne ſcheint durch eine Subſtanz, welche vorzugsweiſe e rothen und gelben Strahlen durchläßt, dieſes rothe Licht fällt auf die

ſchneebedeckten Berge, welche den rothen Schein in all ſeiner Pracht Schönheit in das Auge des Beobachters zurückwerfen. Wer hätte nicht einmal an einem ſchönen Sommerabend auf einer Erhöhung, e Balkon, einem Berggipfel, unter guten Freunden geſtanden, um dem Sa untergange zuzuſehen? fiel dann ſein Blick von der Sonne auf die U bung, ſo kann ihm nicht entgangen ſein, daß Alles um ihn her von w Lichte übergoſſen war. Dies iſt im Kleinen daſſelbe, was im erhab Stil das Alpenglühen iſt.

Wenn für die Alpen, die Sonne untergegangen iſt, wenn ſic Schatten der Erde über ſie lagert, ſo verſchwindet dieſes Schauſpiel gänzlich, bis es ſpäterhin um ein Bedeutendes ſchwächer auf kurze wieder erwacht, indem die höher liegenden, noch von der Sonne gerö Wolken etwas von ihrem Lichte auf die Bergſpitzen werfen, die man nochmals in einem ſchwächeren Schimmer leuchten ſieht, welcher jedoch in das Blau der Nacht übergeht.

Das Schauſpiel des erſten Erglühens der Alpen iſt überaus p und macht einen ſolchen Eindruck, daß man deſſen in ſeinem ganzen nicht wieder vergißt und davon erzählt, wo ſich irgend eine Gelegenhe bietet, daher wundert ſich der Verfaſſer, daß er nirgend eine Beſchr ſolch eines Schauſpiels aus Amerika oder aus Indien geleſen; ſol Erſcheinung ſich in den Tropenländern nicht zeigen? Sollte die L rein, ſo ſelten von Dünſten geſchwängert ſein, daß, wie es dort keine röthe und keine Dämmerung giebt (man vermißt die prächtige Färbu Himmels beim Sonnenaufgang oder Untergang ſchon in Italien und nien gänzlich), es auch kein Alpenglühen giebt? Es wäre wohl mö

Bei Angabe der ſo eben verhandelten Phänomene iſt davon geſ worden, daß die Luft die blauen Strahlen reflectire, die rothen hindu Es iſt zur Vervollſtändigung nöthig, zu bemerken, daß dieſes kein mit der Luft allein ſo iſt. Wir beſitzen eine Menge Subſtanzen, dieſe ſehr verbreitete Eigenſchaft nicht vollkommen durchſichtiger Körper und daß die mangelnde Durchſichtigkeit ihren weſentlichen Antheil hat, kann man auch an der Luft ſehr wohl wahrnehmen, wenn ſie Nebel eine größere Dichtigkeit hat. Die Londoner Straßenbeleucht vielleicht das Großartigſte und Glänzendſte, was es giebt, bei den Nebeln Englands aber iſt ſie doch oft genug nicht ausreichend. Da ren die Wagen auf eine die Fußgänger höchſt gefährdende Weiſe an ei dann rennen die Leute mit den Köpfen zuſammen, dann ſieht man i in den Straßen nichts; wie nahe die Laternen auch an einander ſtehen, mögen ihr Licht durchaus nicht bis zum Erdboden zu ſenden. Daß ma

: Laterne ſtehend bis zur nächſten ſähe, davon iſt gar keine Rede, aber Laterne, an welcher man ſteht, darf man nur drei Schritt verlaſſen, ihr blendendes Licht nur noch als einen dunkelrothen, in der Luft ſchwe- en Schein zu ſehen und ſie bei ſechs Schritt Entfernung, nachdem ſie er dunkler geworden, gänzlich aus den Augen zu verlieren.

Würde man ſolchen Nebel zwiſchen zwei parallele Glasplatten bringen dann durch die Luftpumpe dergeſtalt comprimiren können, daß er auf Durchmeſſer von einer Linie doch die Maſſe enthielte, welche man in uß Dicke wirklich vor ſich hat, ſo würde eine ſolche Nebeltafel von einer e Dicke ganz dieſelbe Wirkung machen.

Solch eine Tafel können wir aber, wenn nicht aus Luft, ſo doch aus nglas machen und dies hat hinſichtlich des Lichteffectes ganz dieſelbe enſchaft wie eine ſolche nebelbeladene Luft. Betrachtet man dieſes Glas reflectirten Licht, ſo iſt es weiß mit einem deutlichen Anflug von Blau; t man daſſelbe aber gegen ein Licht, ſo erſcheint es je nach ſeiner Dicke b, orange oder feuerroth.

Die Glocken zu unſeren Lampen ſind gewöhnlich von ſolchem Glaſe; it die hier angeführte Eigenſchaft nicht ſtörend hervortrete, macht man in der Regel ſo ſtark, daß ſchon eine gewiſſe Aufmerkſamkeit dazu gehört, rothe Licht zu ſehen, allein wenn man die Glocke aus ihrer Stellung msnimmt und eine Seite derſelben nahe an die Licht- oder Lampen- ume hält, ſo wird man dieſe allezeit roth durchſcheinend ſehen. Einige arten ſind ſo ſchwach getrübt, daß man hindurch ſehen kann; dieſe n ſich im reflectirten Lichte entſchieden himmelblau. Hindurchſehend er- t man nicht etwa eine Lichtflamme, ſondern alle Gegenſtände, wenn ſie überhaupt hinlänglich beleuchtet ſind, in gelbem oder rothem Scheine, ob man ein gelbes Glas vor den Augen hätte.

Eine klare Indigoauflöſung in einem Champagnerglaſe giebt die auf- nde Erſcheinung, daß ſie ganz unten in der Spitze, da wo die Quan- , welche das Licht zu durchſtrahlen hat, hellblau, etwas weiter herauf ller blau, dann violett und in der Mitte des Glaſes, gegen die Sonne lten, prächtig purpurroth iſt. Ganz ähnlich verhält ſich eine Farbe, he man unter dem Namen Saftgrün kennt, in dünner Schicht gegen Helligkeit einer weißen Wand oder des weißen Himmels, oder im dunklen mer gegen die Flamme einer Kerze gehalten, erſcheint die Auflöſung r Farbe grün, in ſtärkerer Schicht erſcheint ſie prächtig roth, auffallend zender als bei einer Indigoauflöſung. Beide Flüſſigkeiten ſehen im re- irten Lichte ſo aus, wie man es von ihnen erwartet, blau und roth, durchgehenden Lichte laſſen ſie ein anderes hindurch, als ſie zurückwerfen,

daher die rothe Farbe in beiden Fällen und zwar unter allen Umstä
in einer solchen Schattirung, daß sie die Complementarfarbe des zurück
worfenen Lichtes ist, wie dies auch nicht anders sein kann, da die zurück
worfenen und die durchgelassenen Farben sich zu weißem Lichte ergän
müssen. Daß nun die gedachten Flüssigkeiten auch noch grüne oder blau
Strahlen durchlassen, dies kommt allein davon her, daß sie dort zu sch
verdünnt, zu wenig massenhaft sind, um alle Strahlen von der Farbe,
welche sie einmal zurückwerfen, zum Reflex zu bringen; es geht also hier
mit allen übrigen auch der bedeutende Antheil blauer Strahlen mit durch,
welcher im Lichte enthalten. Wird dagegen die Schicht stark genug, so wird
Blau oder Grün gänzlich reflectirt und so erscheint dann die Flüssigkeit
in dieser Farbe.

Es ist eigen, mit welcher Zorneswuth Göthe wegen dieser Ansichten
die Newton ausgesprochen und die so äußerst natürlich sind, daß man sich
200 Jahre lang vergeblich Mühe gegeben hat, noch Naturgemäßeres zu
geben, loszieht. Newton's ganze Erklärungsart ist ihm „ein Wortkram,
mit dem es sich deshalb so gut kramen läßt, weil man vor lauter Kram
die Natur nicht mehr sieht. Es ist an Newton's Erklärung nichts klar, als
daß er (Newton) die Erscheinung unvollständig und ungeschickt ausspricht,
um sie seiner Hypothese anzubequemen. Uns ist gewiß, daß es weder
mehr noch weniger refrangible Strahlen giebt, sondern daß die Naturer-
scheinungen auf eine echtere und bequemere Weise ausgesprochen werden
können." (Bequemlichkeit liebte der Herr Geheimerath v. Göthe sehr.)

„Wie sicher muß Newton von dem blinden Glauben seiner Leser sein,
da er es wagt zu sagen, die Farben des Lichtes könnten durch Reflexion
von natürlichen Körpern nicht verändert werden, da er doch zugiebt,
das rothe Licht ganz anders vom Zinnober als vom Ultramarin, das blaue
Licht ganz anders vom Ultramarin als vom Zinnober zurückgeworfen werde
(Göthe hat ihn hier ganz richtig, im Anfange dieses Satzes aber ganz
falsch verstanden. Die rothe Farbe des Lichtes wird vom Blau wird
gar nicht verändert, sie wird verschlungen, sie wird nicht zurückgeworfen,
sondern absorbirt, Blau im rothen Lichte wird schwarz, Roth im blauen
Lichte wird schwarz, Roth im rothen oder weißen Lichte bleibt unverändert.
„Nun sieht man aber wohl, warum er dort seine Redensarten so künstlich
stellt. Es ist unmöglich, ein so deutliches und einfaches Phänomen schiefer
und unredlicher zu behandeln, aber freilich wenn er Recht haben wollte,
mußte er sich ganz- oder halbbewußt mit Reinecke Fuchs zurufen:

„„Aber ich sehe wohl, Lügen bedarf es und über die Maßen!""
Aber das Gewissen regt sich bei ihm und es ist nur ein Uebergang zu

em, wo er wieder Alles zurücknimmt, was er behauptet hat. Merke Leſer auf, er wird den Verfaſſer (Newton) bis zum Unglaublichen erſchämt finden."

Newton ſagt: wenn man dieſe Verſuche macht, ſo muß man ſich hen, das Licht ſo viel wie möglich homogen zu erhalten.

Dieſe Forderung iſt nun allerdings abſcheulich, darum ſagt auch Göthe n: „Wie es mit den Bemühungen ausſehe, die prismatiſchen farbigen er homogener zu machen, als ſie beim einfachen Verſuch im Spectrum einen, haben wir umſtändlich dargethan und wir wiederholen es nicht. erinnere ich die Leſer, daß Newton die ſchwierigſten, ja gewiſſermaßen öglichen Vorrichtungen vorgeſchrieben hat, um dieſer beliebten Homotät näher zu kommen. Nun bemerke man, daß er uns die einfachen, m jeden möglichen Verſuche verdächtig macht, indem er fortfährt:

(Nun ſpricht Newton wieder.) Denn wenn man Körper mit den öhnlichen prismatiſchen Farben erleuchtet, ſo werden ſie weder in ihrer tlichen Tageslichtfarbe, noch in der Farbe erſcheinen, die man auf ſie t, ſondern in einer gewiſſen Mittelfarbe zwiſchen beiden, wie ich durch hrung gefunden habe. (Die Lüge iſt zu abſcheulich und zu coloſſal, kann Göthe nicht ruhig mit anſehen, darum fährt er fort.)

„Es iſt recht merkwürdig, wie er endlich einmal die Erfahrung einge, die einzig mögliche, die einzig nothwendige und ſie ſogleich wieder ächtig macht. Denn was von der einfachſten prismatiſchen Erſcheinung, n ſie auf körperliche Farben fällt, wahr iſt, das bleibt wahr, man mag urch noch ſo viele Oeffnungen, durch große und kleine, durch Linſen nahem oder weitem Brennpunkt quälen (welch eine Tiefe der Empfin, welch zartes Gewiſſen) und bedingen, nie wird etwas Anderes zum ſchein kommen. Wie benimmt ſich aber unſer Autor, um dieſe Unheit ſeiner Schüler zu vermehren? Auf die verſchmitzteſte Weiſe. betrachtet man dieſe Kniffe mit redlichem Sinn, hat man ein redes Gefühl für das Wahre, ſo kann man wohl ſagen, der Autor benimmt ſchändlich, denn man höre nur:

(Newton ſpricht.) Denn die Mennige, wenn man ſie mit dem gelichen prismatiſchen Grün beleuchtet, wird nicht roth oder grün, ſonorange oder gelb erſcheinen, je nachdem das grüne Licht, wodurch ſie chtet wird, mehr oder weniger zuſammengeſetzt iſt.

„Warum geht er denn hier nicht grad- oder ſtufenweiſe. Er werfe das ganz gewöhnliche prismatiſche Roth auf die Mennige, ſo wird ſie ſo ſchön und glänzend roth erſcheinen, als ob er das gequälteſte ctrum dazu anwendete. Er werfe das Grün des gequälteſten Spectrums

auf die Mennige und die Erſcheinung wird ſein, wie er ſie beſchreibt, o
vielmehr wie wir ſie oben, da von der Sache die Rede war, beſchri
haben. Warum macht er denn erſt die möglichen Verſuche verdä
warum ſchiebt er Alles in's Ueberfeine, warum kehrt er denn zuletzt i
wieder zu den erſten Verſuchen zurück? Nur um die Menſchen
verwirren und ſich und ſeiner Heerde die Hinterthür off
zu laſſen.

„Mit Widerwillen überſetzen wir die frazzenhafte Erklärungsa
wodurch er nach ſeiner Weiſe die Zerſtörung der grünen, prismatiſchen,
die Mennige geworfenen Farbe auslegen will. Es wird künftig zur Spr
kommen, was Alles noch für Unſinn aus dieſer Vorſtellungsart, in ei
Syſtem fünf bis ſieben Syſteme en échelon aufmarſchiren zu laſſen, h
vorſpringt.

„Da das ganze Verhältniß der Sache oben umſtändlich dargethan i
ſo bleibt uns weiter nichts übrig als den baaren Unſinn der Nac
welt zum Muſterbilde einer ſolchen Behandlungsart zu empfehlen. O
wohl in der Geſchichte der Wiſſenſchaften etwas ähnlich Närriſche
und Lächerliches von Erklärungsart zu finden ſein möchte.

„(Newton ſpricht.) Von derſelben Art iſt die eine Erfahrung, welch
mir neulich Herr Halley erzählt hat, der, als er tief in die See in ein
Taucherglocke hinabſtieg, an einem klaren Sonnenſcheinstag bemerkte, da
wenn er mehrere Faden tief in's Waſſer hinabkam, der obere Theil ſein
Hand, worauf die Sonne gerade durch das Waſſer und durch ein kleine
Glasfenſter in der Glocke ſchien, eine rothe Farbe hatte, wie eine Da
mascenerroſe, ſo wie das Waſſer unten und die untere Seite ſeiner Han
die durch das vom Waſſer reflectirte Licht erleuchtet war, grün ausſah.

(Göthe.) „Wir haben dieſen Verſuch unter den phyſiologiſchen Ver
ſuchen, wo er hingehört, ſchon erwähnt. Das Waſſer wirkt hier als e
trübes Mittel, welches die Sonnenſtrahlen nach und nach mäßigt, bis ſi
aus dem Gelben in's Rothe übergehen und endlich Purpurfarb erſcheine
dagegen dann die Schichten in der geforderten grünen Farbe geſehen werde
Man höre nun, wie ſeltſam ſich Newton benimmt, um dem Phänom
ſeine Terminologie anzupaſſen.

(Newton.) Daraus läßt ſich ſchließen, daß Seewaſſer die blau
Strahlen leicht zurückwirft (deshalb wir es von oben her in dieſer Far
ſehen), die rothen hingegen ungehindert durchläßt, darum erſcheint in groß
Tiefen Alles roth und um ſo dunkler, je größer die Tiefen ſind. Die z
rückgeworfenen Strahlen (die blauen und grünen) färben aber die unter
Seiten der Gegenſtände, wohin das Licht nicht dringt.

„Da uns nunmehr die wahre Ableitung des Phänomens bekannt [illegible] so kann uns die Newton'sche Lehre nur zur Belästigung dienen, wobei denn zugleich, indem wir die falsche Erklärungsart einsehen, das ganze System unhaltbar erscheint."

Der Verfasser kann nur leider trotz dieses kategorischen Imperativs nicht einsehen, warum Göthe's Erklärung besser sein soll als die Newton'sche; der Letztere sagt: die Gegenstände werfen einen Theil des Lichtes zurück, einen andern Theil lassen sie durch; die Farbe des Lichtes, welche sie zurückwerfen, ist diejenige, in welcher wir die Körper sehen, modificirt durch ihre eigene Oberflächenbeschaffenheit. Die Farben, welche die Körper durchlassen, sind diejenigen, in welcher wir die Körper sehen, wenn wir sie zwischen unser Auge und das Licht bringen.

Es ist nicht wohl einzusehen, was hier Unsinn, Lüge und schändliches Betragen und was hier lächerlich genannt werden kann.

Göthe dagegen sagt: die trüben Mittel schwächen das Licht immer mehr, je trüber sie sind; das geschwächte Licht wird gelb, bei noch mehr Schwächung roth (eine Behauptung, nicht eine Thatsache, warum wird denn das geschwächte Licht gelb, warum wird es nicht grün und blau?). Wenn dagegen die Dunkelheit oder das Dunkle durch ein getrübtes Mittel scheint (die Dunkelheit scheint nicht, sondern sie vernichtet den Schein, sie nimmt ihn auf und verwandelt ihn in Unschein), so erscheint das trübe Mittel blau (wieder eine Behauptung, aber nicht eine Erfahrung oder eine Thatsache).

Dennoch fährt Göthe fort: „alles dieses Hin- und Widerreden findet man unnütz (nicht man, sondern der Herr Geheimerath v. Göthe, der sich hier wieder einmal für den Mittelpunkt der Welt hält), wenn man die Ableitung der körperlichen Farben kennt, wie wir solche zu geben versucht haben, besonders wenn man mit uns überzeugt ist, daß jede Farbe, um gesehen zu werden, ein Licht im Hintergrunde haben müsse und daß wir eigentlich alle körperlichen Farben mittelst eines durchfallenden Lichtes gewahr werden."

Nach dieser Behauptung müßte man also, um die Farbe einer Kommode oder eines Secretairs zu beurtheilen, ein Licht anzünden und es hinein setzen; um zu wissen, wie ein Haus aussieht, müßte man es bei Nacht besehen, wenn darin ein Ball gegeben wird.

Ueber seine eigene Art der Kritik sagt Göthe selbst, er sei sehr grob gewesen und es hätte wohl Manches im Ausdruck gemildert werden können, allein im Conflict von Thaten und Meinungen kommt es nicht darauf an, einen Gegner zu schonen, sondern ihn zu überwinden, denn Niemand läßt

sich aus seinem Vortheil herausschmeicheln und complimentiren, sondern er muß wenigstens hinausgeworfen werden."

Ob dies gelungen ist, will der Verfasser nicht behaupten, denn Alles, was Newton als Thatsache, als von ihm gesehen anführt, steht bis auf diesen Augenblick unangreifbar fest; der einzige schwache Punkt seiner Lehre ist der Ursprung des Lichtes aus dem leuchtenden Körper. Das Licht soll von diesem zum beleuchteten gehen und ihn auf solche Weise sichtbar machen, indeß wir jetzt glauben, der Vorgang sei unendlich viel complicirter, es seien Erschütterungen eines höchst durchsichtigen Mittels, es seien Wellen von verschiedener Länge, es seien Vibrationen von verschiedener Zeitdauer, welche die Erscheinungen des Lichtes bedingen; daß Newton das Unerklärliche auf so höchst einfache Principien zurückführen konnte, beweist seine Größe. Lebte er jetzt, wo 200 Jahre nach seinem Wirken die Achromasie, Polarisation, die Beugungs- und Interferenzerscheinungen entdeckt worden sind, so würde er seine Lehre nicht aufgestellt haben; für Alles, was man damals kannte, genügte es anzunehmen, das Licht gehe von der Sonne dorthin und wird daselbst entweder zurückgeworfen oder durchgelassen, ganz oder theilweise.

In der ganzen unerquicklichen Polemik Göthe's liegt aber für jeden Schriftsteller ein großer Trost. Was man auch leisten möge, es wird den Beifall Aller nicht erhalten, am wenigsten den der Zunft- und Fachgenossen. Ein Patient läßt einen zweiten Arzt rufen, weil der Zustand, unter welchem er leidet, durch den ersten noch immer nicht gehoben ist und es sind doch schon acht Tage her, daß er sich mit seinem seit 30 Jahren eingewurzelten Uebel diesem anvertraut hat. Der neue Arzt sagt nach Ansicht der Recepte mit Achselzucken: „Ei, ei, wie kann man, mein Herr College hat . . . nun ich mag mich darüber nicht aussprechen, aber ich würde eine andere Behandlungsweise vorschlagen."

Ein Client hat einen Prozeß, er wählt einen Anwalt, die Sache geht nicht, wie der Client hofft und wünscht, er fragt einen andern Rechtsconsulenten — „welcher Narr hat Ihnen denn die Angelegenheit so verpfuscht? die muß in andere Hände!"

Es soll ein Saal tapezirt werden, der Eigenthümer läßt um des niederen Preises willen die Vorarbeiten, Abreiben der Wände ꝛc., durch einen Maurer besorgen, nun kommt der Tapezirer: „ei, ei, wie schlecht gemacht, das muß Alles noch einmal gemacht werden, ich habe jetzt eine viel schwerere Arbeit als früher; Sie müssen Sich nie an solche Pfuscher wenden, das kostet doppelt Geld."

So machen sie es Alle, gelehrt und ungelehrt. So wird es auch der vorliegenden Arbeit ergehen, so ist es auch meiner früheren kaum beendeten

ergangen; Herr A. macht sie schlecht, weil sie nicht von ihm ist, und wenn sie von Professor A. wäre, würde sie Professor B. schlecht machen, weil sie nicht von ihm ist, und wenn sie von B. wäre, würde sie Professor C. herunterreißen, weil sie nicht von ihm ist, allein Einer wie der Andere kann sich trösten, wenn es Newton so gegangen ist, was können dann Dii minorum gentium erwarten, über uns Arme hat doch noch Niemand gesagt, wir seien unverschämte Lügner, unverschämt bis zum Unglaublichen, wir benähmen uns verschmitzt, brauchten Kniffe, ließen uns Hinterthüren offen, benähmen uns schändlich, brächten baaren Unsinn zu Markte. Die Zeiten der göttlichen Grobheit Schlegel's sind vorüber, wenn auch ein Kritikus schwingt

„Die Kunstrichtergeißel mit wildem Gesicht,
Wie ein Hökerweib schimpft er dennoch nicht!"

Niemals ist auch noch durch pöbelhaftes Schimpfen etwas bewiesen worden und je ungebehrdiger sich der weimarische Minister betrug, desto weniger konnte man glauben, daß seine Hypothese diejenige Festigkeit habe, welche man fordern kann, um sie als zum Umsturz einer anderen geeignet zu erachten.

Wir wenigstens können auch noch jetzt, d. h. nach dem vollständigen Durchgreifen der Wellentheorie, nicht zugeben, daß die sogenannte spanische Blattschminke, welche in Wasser aufgelöst oder eben so verdünnt auf Papier, auf die Wangen einer sich für zu bleich haltenden Dame gebracht, das wundervollste Carmin- oder Rosenroth giebt, in einer dicken Schicht auf stumpfes Papier aufgetragen (wie sie als halbes Duodezblatt im Handel vorkommt) aber darum grasgrün aussieht, weil sie als erleuchtetes trübes Mittel mit dunklem Hintergrunde erscheint; wir können auch nicht begreifen, daß ein Stück Indigo auf dem Bruch und beim Strich mit dem Nagel darauf kupferfarbig, metallisch glänzend erscheint, aus derselben Ursache indeß der aufgelöste Indigo blau aussieht, weil er einen dunklen Hintergrund hat; wenn dieser den Indigo blau machte, dann müßte er ja in Stücken noch viel blauer als blau aussehen, er sieht aber roth aus und ungezwungen deshalb, weil er von dem darauf fallenden Lichte die Strahlen mehrentheils verschlingt und die übrigen complementaren Farben, welche nicht in seiner Masse untergehen, jenes schmutzige Roth bilden.

„Der helle oder dunkle Hintergrund bestimmt die Farbe, nicht das reflectirte Licht." Nun so trage man die Blattschminke auf einen Porzellanteller auf, eben so den Indigo, damit beides im Tageslichte in: schönsten Purpurfarb und Blau erscheine; man nehme auch, was Göthe besonders als einen Prüfstein seiner Theorie angiebt, rothe oder blaue Folie, polirtes

Zinn, worauf ein reiner, durchsichtiger Lack aufgetragen („zieht man Lackfarben auf einen metallisch glänzenden, weißen Grund, wie unsere sogenannten Folien verfertigt werden, so zeigt sich die Herrlichkeit der Farbe bei diesem zurückwirkenden Lichte so sehr, als bei irgend einem prismatischen Versuche"; beiläufig ist dies nicht wahr, das Blau, das Roth, kurz irgend eine Farbe des Prisma's ist auf keine Weise so prächtig darzustellen) und betrachte diese schönen, glänzenden Farben im Lichte einer Weingeistlampe, deren Docht in Salzwasser getränkt und dann getrocknet worden, man wird trotz der hellen und glänzenden Unterlagen die beiden farbigen Folien und das bemalte Porzellan total schwarz sehen, obschon kein Mensch läugnen kann, daß hier doch von der Hinterfläche Licht zurückgeworfen werden müsse.

In dieser Art können die meisten Bollwerke, hinter denen die Göthe'sche Farbenlehre sich verschanzt, erstürmt werden.

Was von der äußeren Erscheinung der Gegenstände im reflectirten Lichte gesagt wird, das gilt auch von dem durchsichtigen. Wenn ein vom weißen Lichte getroffener durchsichtiger Körper farbig erscheint, so rührt es daher, daß er den Lichtantheil, in welchem er erscheint, durchläßt, einen andern, vielleicht den größeren Theil des Lichtes aber reflectirt. Wenn ein Glas recht reines Roth oder eben so reines Blau hat, so läßt es nur diese Farbe durch, alle andern absorbirt oder reflectirt es vollkommen. Wenn man den klarsten Sonnenschein durch ein solches Glas gehen läßt, dann aber den so gefärbten Strahl durch ein Prisma bricht und das Bild an einer weißen Wand auffängt, so ist aus diesem Bilde jede Spur einer andern Farbe verschwunden, man sieht nur einen blauen oder rothen Fleck. Aber es sind nicht bloß diese beiden Farben, welche dies thun, auch durch das schönste gelb gefärbte Glas dringt kein anderer Lichtstrahl als ein gelber, und wenn man schon mehr Licht hat auf der weißen Fläche und die Gegenstände in dem verdunkelten Zimmer besser sehen kann als bei einfallendem rothen oder blauen Lichte, so ist doch an Stelle des Spectrums nichts weiter als ein gelber Fleck zu sehen, und ein an diese Stelle gehaltenes rothes, blaues oder violettes Papier erscheint vollständig schwarz.

Ist das Glas, welches man vor die Oeffnung hält, durch die das Sonnenlicht auf das Prisma fällt, violett (eine Mischfarbe aus Roth und Blau), so läßt es diese beiden Farben durch, welche sich im Violett vereinigen und das Spectrum erscheint in der Mitte violett, an einem Ende aber roth im schönsten Purpur, an der andern Seite rein hell- und dunkelblau, nur das Gelb, das Grün und das Orange vermißt man.

ms Gleiches bemerkt man, wenn das durchlassende Glas grün oder nge war.

Legt man zwei nur mäßig gefärbte Gläser von Grün und Roth, oder n Blau und Hochgelb, oder von Violett und reinem Gelb zusammen, so rdunkeln sie das Licht in einem Grade, welcher der Stärke ihrer Färbung r nicht angemessen erscheint; durch die einzelnen Gläser sieht man alle egenstände ganz deutlich, nur in anderer Färbung, wie sie durch das las sein muß, nimmt man aber beide Gläser auf einander, so sieht man cht sehr helle Gegenstände gar nicht, und weiße, hinlänglich leuchtende hr oder minder grau, je nach der Schattirung der beiden farbigen läser.

Göthe schilt über diesen schon von Newton angestellten Versuch seiner damals beliebten Art und erklärt ihn für einen Betrug des schauers durch den Lehrer, weil man ganz dasselbe durch Aufeinanderen zweier durchsichtiger Mittel von gleicher Farbe erzielt, in beiden llen sei es eine Schwächung des Lichtes durch ein trübes Mittel, welches zur völligen Undurchsichtigkeit gesteigert werden könne.

Göthe hat jedoch ganz Unrecht, nicht nach der Theorie, sondern nach m Erfolge des Experimentes. Die Theorie sagt, es werden durch das the Glas die grünen und blauen Strahlen absorbirt und nur die rothen rchgelassen, diese gelangen nun auf das grüne Glas, dieses läßt aber nur ne und gelbe Strahlen durch, welche in den durch das rothe Glas gengenen Lichtstrahlen kaum mehr oder nur im Minimum vorhanden sind, her auch nur in einer so geringen Menge hindurchgehen können, das rothe ht aber, welches auf das grüne Glas fällt, wird von demselben gänzlich sorbirt, es bleibt mithin wenig oder nichts, was hindurchgehen könnte, solch s Glas erscheint grau.

Nun nehme man zwei grüne oder zwei rothe Gläser von derselben efe der Färbung und sehe zu, ob man denselben Effect erhalten wird; ts sieht man einen rothen oder bei den anderen beiden Gläsern einen inen Schimmer von den etwa weißen Gegenständen, die man dadurch trachtet. Das gegen Göthe vollständig Entscheidende ist aber, daß, wenn n durch ein gut gewähltes grünes auf ein rothes gelegtes Glas nach der onne sieht, dieselbe völlig glanzlos als weiße Scheibe erscheint, während rch zwei rothe oder zwei grüne, durch zwei violette oder zwei gelbe Gläser ch der Sonne sehend, man sie weniger glänzend sieht als durch eines der dachten, aber niemals glanzlos und niemals weiß, sondern in der Farbe r zusammengelegten Gläser nur satter gefärbt, als wenn man durch ein las gesehen hätte.

Hier sind also wirklich die Farben durch das Aufeinanderlegen zweier complementar gefärbter Gläser vertilgt und es ist nur das wenige Licht übrig geblieben, was sich nicht vollständig vertilgen ließ, indessen bei den einfarbigen Gläsern die eine Farbe ungehindert durchgeht und nur die complementaren am Durchgange gehindert werden.

Die Luft selbst, welche wir für völlig durchsichtig halten, übt in dichten Schichten ein ganz ähnliches Absorptionsvermögen aus, wie gefärbte Gläser. Daß die Sonne hoch am Tageshimmel stehend weiß erscheint, ist eine zur Genüge bekannte Thatsache, daß die Sonne am Abend und am Morgen gelb und wohl gar roth erscheint, weil die Luft die blauen Strahlen nicht durchläßt, sondern absorbirt, ist gleichfalls bekannt, ist auch bereits besprochen worden, daß aber das Sonnenspectrum am Abend und am Morgen beträchtlich verkürzt erscheint und daß darin das Violett und das Purpur fehlt, indeß die anderen Farben sich deutlich und lebhaft zeigen, ja daß wenn die Sonne recht roth untergeht, Violett und Blau im Spectrum gänzlich fehlen, dies ist doch ein Beweis, daß solche Strahlen durch die dicke Luftschicht, welche die Sonne am Abend verdunkeln, nicht dringen können. Hassenfratz in Wien hat von 1799 bis 1801 hierüber umfassende Versuche angestellt.

Die Entziehung verschiedenartiger Strahlen durch die dicke Luftschicht bestätigt sich auch dadurch, daß der Regenbogen am Abende kurz vor Sonnenuntergang keineswegs alle Farben, sondern nur Roth, Orange und Grün enthält.

Manche Gasarten absorbiren überhaupt gewaltig viel Licht und weit mehr als gleich dunkel gefärbte Gläser, vielleicht rührt dies daher, daß die Gasarten nicht so homogen als das Glas sind; daher kommt es auch vielleicht, daß wenn man weißes Licht durch eine Schicht Salpetergas, welches farblos ist, gehen und dann dasselbe durch ein Prisma ein Spectrum bilden läßt, in diesem unzählige dunkle Querlinien enthalten sind. Man sieht sie im violetten Licht am stärksten und häufigsten, nach dem Roth zu immer mehr abnehmend. Wird die Gasschicht stärker genommen, so erscheinen die schwarzen Linien im violetten Strahl immer breiter und wenn schon nach dem Roth hin an Zahl abnehmend, so doch an Schärfe und Deutlichkeit zunehmend. Die Wirkung des Gases kann sich durch Verdickung der Schicht oder durch Erhitzung des Gases (welches beides gleichen Erfolg hat) in höchstem Grade steigern. Dove sagt, das vorher fast farblose Gas wird allmählig blutroth, zuletzt so schwarz, daß nicht ein Strahl des hellsten Sonnenlichtes hindurch zu dringen vermag. Erregt man gleichzeitig das gewöhnliche und das Gasspectrum, so gewahrt man die völlige Uebereinstimmung

stimmung der Linien an Zahl und Lage, nur in der Dicke sind sie von einander verschieden, es findet also durch das farblose Salpetergas eine Tödtung sehr vieler Lichtstrahlen statt.

Analog den Wirkungen des Salpetergases sind die des Jodgases und des Bromgases, welche gleich weit abstehende Linien zeigen. Die zuerst auf einen geringen Raum beschränkten Linien des Jodgases bereiten vom blauen Ende fortschreitend die Absorption vor, die zuletzt Alles verlöscht, einen geringen Theil des Roth ausgenommen. Da nun die Linien des Sonnenspectrums bei einer ringförmigen Sonnenfinsterniß übereinstimmen mit denen bei voller Beleuchtung gesehenen, also nicht durch die Sonnenatmosphäre entstehen können, da ferner bei niederem Stande der Sonne im Blau und Roth Linien entstehen, welche bei hohem Stande der Sonne nicht bemerkt werden, so folgt daraus, daß, wenn die Luft in dünnen Schichten farblos erscheint, sie in mächtigeren farbig werden muß.*)

Daß verschiedene Lichtquellen verschiedene Linien im Spectrum zeigen, ist durch viele sorgfältige Versuche außer Zweifel gesetzt. Der Sirius giebt ein Spectrum mit ganz andern Linien als das Sonnenlicht; merkwürdig ist, daß das reflectirte Licht der Venus und des Mars dieselben Linien enthalte wie das Spectrum des Sonnenlichtes. Im Spectrum des Sirius konnten in Gelb und Orange keine festen Linien gesehen werden, wohl aber wurde im Grün eine sehr starke Linie entdeckt und im Blau zeigten sich deren zwei, welche in keinem durch das Licht eines Planeten erzeugten Spectrum zu sehen waren. Auch die Fixsterne unter einander haben durchaus nicht dieselben Eigenschaften; wenn das Spectrum des Castor mit dem vorhin beschriebenen übereinstimmt, ist dies doch gar nicht der Fall mit dem des Pollux, dieses enthält sehr viele schwache Linien, welche nahe mit dem Planetenlicht übereinstimmen. Einzelne Linien im Spectrum der Capella haben ganz die Lage wie im Sonnenspectrum, dagegen im Lichtbilde, welches der kleine Hundsstern giebt, man nur mit Mühe einige Linien entdecken kann. Den hier angegebenen, von Fraunhofer gemachten Versuchen stehen neuere von Wheatstone über andere Lichtquellen zur Seite. Der englische Gelehrte untersuchte z. B. das magnetoelektrische oder galvanische Licht, welches aus Quecksilber gezogen wurde und fand dasselbe aus sehr hell glänzenden farbigen Linien zusammengesetzt; zwei derselben, welche dicht neben einander lagen, waren orange, eine hellgrün, zwei bläulich grün dicht neben einander, eine sehr hell purpurrothe und eine violette Linie. Zog er das elektrische Licht aus Zink, Kadmium, Zinn, Wismuth und Blei im ge-

*) Dove, Darstellung der Farbenlehre. 1853. Berlin.

schmolzenen Zustande, so erhielt er zwar dieselben Erscheinungen im Allgemeinen, allein die Anzahl und Lage der Linien war bei jedem Metall eine andere. Die prismatischen Farben von Zink und Kadmium enthalten z. B. eine lebhaft rothe Linie, welche den andern fehlt, das Licht, welches diese Metalle bei ihrem Verbrennen im Sauerstoffgas geben, verursacht ganz andere prismatische Bilder, hingegen wurde das des galvanischen Funkens nicht verändert, der Versuch mochte in Sauerstoff, in Kohlensäure unter der Luftpumpe oder in der Barometerleere angestellt werden.

Wheatstone schließt hieraus, daß das Licht nicht durch Verbrennung der Metalle entstehe. Der Schluß scheint bei alledem und trotz der anerkannten großen Autorität des Engländers in dieser Sache doch etwas voreilig. Daß nämlich die Elektricität Licht verbreitet durch ihre Funken, wird Niemand bezweifeln, und von dem Blitz in freier Luft kann auch Niemand sagen, er entstehe durch Verbrennung eines Metalles. Wenn aber solches Licht, wie es Wheatstone anwandte, weiß, blendend weiß ist bei Quecksilber als Funkenleiter, bläulich bei Kupfer, grün bei Gold, entschieden orange bei Eisen und roth bei Wismuth, so ist zwar das Licht immer elektrisches Licht, allein die Farbe rührt doch von der Modification desselben durch das verbrennende Metall her.

Das Beste ist nun noch, daß der Engländer nach Anstellung seiner Versuche sagt: die hellen Querlinien des elektrischen Funkens sind nach Lage und Zahl verschieden bei verschiedenen Metallen, aus denen der Funken hervortritt. Läßt man den Funken zwischen Kugeln von zweierlei Metall hervorspringen, so erblickt man gleichzeitig die Linien beider Metalle. Hier liegt ein offenbarer Widerspruch mit sich selbst, Wheatstone müßte denn gar nicht gemeint haben, was der Uebersetzer in Poggendorf's Annalen schreibt, allein dann wäre die ganze Behauptung Wheatstone's überflüssig, denn daß der elektrische Funke überhaupt elektrisches Licht giebt und nicht das Licht der glühenden Metalltheile, die etwa bei dem Schlage losgerissen werden und in's Leuchten kämen, weiß ein Jeder und das braucht nicht erst von England herübergerufen zu werden.

Die wunderbaren Eigenschaften des Lichtes zeigen sich noch in mancher andern Art und sie sind mitunter so verborgen, daß es Mühe genug gekostet haben mag, um sie ihm abzufragen. Daß es z. B. Körper giebt, welche eine Farbe ausschließlich aller andern durchläßt, ist denkbar, es ist dasjenige, wovon wir bereits gesprochen, die Farbe ist rein. Eine möglichst gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak zwischen Glastafeln, welche parallel neben einander stehen, gebracht, als Schirm vor das aus dem Prisma ausgehende Sonnenbild gesetzt, vertilgt vollständig alle Farben

bis auf das Blau, dieſes allein iſt ſichtbar; wenn man dagegen das Gefäß mit einer Löſung von Indigo füllt und dieſe als Schirm anwendet, ſo verſchwinden zwar auch die meiſten Farben, Gelb, Grün ꝛc., allein außer dem erſcheinenden Blau des Prisma's findet man noch in einiger Entfernung davon und mit Ertödtung aller zwiſchen liegenden Farben, ein reines Roth deutlich ausgeſprochen als abgegrenzter Theil des prismatiſchen Bildes. Dieſes Experiment ſagt uns, die Kupferlöſung iſt rein blau, die Indigolöſung iſt es nicht, ſie hat noch Roth in ihrer Miſchung. Will man undurchſichtige Farben unterſuchen, ſo braucht man nur dieſelben an Stelle des weißen Papiers, der weißen Wand aufzuſtellen, das prismatiſche Bild verſchwindet ganz bis auf die Farbe, welche man an die Stelle des weißen gebracht hat, wenn die Farbe rein iſt, wenn nicht, ſo ſpricht ſich durch eine Schattirung die noch zurückgeworfene Farbe aus. Bringt man z. B. dahin reines Smalteblau oder Berlinerblau, ſo ſieht man von dem Spectrum nur die blaue Farbe, nimmt man ſtatt deſſen Indigo von gleicher Helligkeit, von gleichem Ton, ſo ſieht man außer dem Blau des prismatiſchen Bildes auch noch einen violetten Fleck, welcher darthut, daß rothes Licht keineswegs von dem Indigo vollſtändig abſorbirt wird.

Noch viel auffallender aber iſt das Folgende: es giebt gefärbte Flammen, in deren Licht anders gefärbte Subſtanzen ſchwarz erſcheinen, wie wir bereits geſehen, es rührt dies davon her, daß die meiſten farbigen Körper nur Licht von ihrer Farbe zurückſenden, alles anders gefärbte Licht aber verſchlucken. Nun giebt es ſonderbarer Weiſe aber auch Körper, welche anderes Licht zurückwerfen als auf ſie fällt. Daß Blau in der Weingeiſtflamme, die gelb iſt, ſchwarz erſcheint, eben ſo Roth, mag uns in Erſtaunen ſetzen, allein es wird dadurch erklärt, daß die gelbe Farbe der Flamme nicht zurückgeworfen wird; wenn man nun aber blaues Licht auf einen farbloſen Gegenſtand werfen würde und derſelbe dadurch roth erſchiene, ſo hätten wir doch ein Recht, hierüber in hohem Grade zu erſtaunen, es naturwidrig zu finden, und doch giebt es dergleichen Erſcheinungen, bei dem Flußſpath hat man dieſe Entdeckung zuerſt gemacht und die Erſcheinung davon heißt „Fluorescenz", im Uebrigen ſind es faſt nur Flüſſigkeiten, welche dies zeigen, ſo die Auszüge oder Tincturen aus Blattgrün, Stechapfel, Kaſtanienrinde, Curcuma, die Chininlöſung; unter den feſten Körpern iſt neben einigen Varietäten des Flußſpaths nur noch das durch Uranmetall gefärbte Glas bekannt.

Wenn man die grüne Farbe der Pflanzenblätter durch Weingeiſt auszieht, ſo erhält man eine grüne an der Oberfläche opaliſirende Tinctur. Das Licht ſoll ſie durchdringen, iſt die Schicht ſehr dünn, ſo geht es faſt unverändert hindurch, ſo wie die Schicht dicker wird, verſchwindet aus dem

Spectrum eine Farbe nach der andern und innerhalb des Glases erscheint die Flüssigkeit von weißem Lichte beleuchtet, mit zunehmender Dicke stets anders gefärbt.

Man bereitet, um stets zu sicheren Resultaten zu gelangen, sich das Experiment vor, man füllt die verschiedenen Flüssigkeiten in kleine niedere Gläser, man besorgt sich ein kleines Brennglas von ganz kurzer Brennweite (2 Zoll). Nun läßt man das weiße Sonnenlicht durch das Brennglas auf die Oberfläche einer und der anderen Flüssigkeit fallen und findet, daß der Strahlenkegel, welcher in die Flüssigkeit hinabsinkt und darin meistens durch das Brennglas concentrirtes Licht verbreitet, in der grünen Tinctur aus der Farbe der Blätter (Chlorophyll) vollständig roth erscheint. In der bräunlichen Stechapfeltinctur erscheint der Lichtkegel grün, eben so in der gelben Curcumatinctur. In der Chininlösung und in dem Auszug aus Kastanienrinde erscheint der weiße Lichtkegel klar hellblau, eben so im Flußspath und im Uranglas grün.

Höchst merkwürdig ist hierbei nun noch Folgendes: wenn man durch das weiße Licht den grünen Lichtkegel in der Stechapfeltinctur erzeugt, dann vor das Brennglas ein rein blau färbendes Medium hält, so daß nur blaues Licht auf das Brennglas fallen kann und sich also auch außerhalb der Flüssigkeit ein blauer Lichtkegel bildet, so ist dieser doch von dem Punkte an, wo er in die Flüssigkeit tritt, grün wie vorher.

Vermochte man bei dem früheren Versuch zu sagen, die Pflanzentinctur absorbirt die anderen Lichtstrahlen und läßt nur das Grün (respective Blau, Roth ꝛc.) übrig, so steht hier in dem neuen Versuch die Sache so, daß man gezwungen wird zu sagen, die fluorescirende Flüssigkeit verwandelt die eine Farbe des Lichtes in eine andere; betrachtet man den grünen Lichtkegel durch eine blaue Flüssigkeit, so verschwindet er bis auf eine geringe Spur, betrachtet man ihn aber durch eine grüne, z. B. eine Lösung von Chlorkupfer, worin er eigentlich ganz aufgehen sollte, so leuchtet dieser grüne Kegel entschieden erkennbar, lebhaft grün hindurch.

Dr. Johannes Müller giebt in seinem neuesten physikalischen Lehrbuch an, wie man diese Untersuchungen auch noch anders gestalten könne, indem man die farbigen Flüssigkeiten oder damit gefärbte Papiere an die Stelle des Schirmes bringt, auf welchem man gewöhnlich das prismatische Bild aufzufangen pflegt. Streicht man ein Papier mit einer Curcumatinctur an und legt man darauf ein Blatt ganz weißes Papier, so daß, wenn beides zum Auffangen des Spectrums benutzt wird, die eine Seite (Hälfte, durch einen Längsschnitt getheilt) das weiße, die andere das gelbe Papier trifft, so sieht man durch alle Farben des Spectrums eine Theilung

linie gehen, die eine Hälfte, wo das Spectrum auf die weiße Fläche fällt, hat das gewöhnliche Anſehen, die andere Hälfte iſt über die violette Grenze des Spectrums weit hinaus verlängert, aber man ſieht hier, wo Blau und Violett erſcheinen ſollte, nichts von dieſen Farben, ſondern erblickt nur einen grünlichen Ton, welcher von der hellſten Stelle, die beiden Farbenbildern gemeinſchaftlich iſt, ausgehend, immer dunkler wird, nicht nur bis dahin, wo auf dem weißen Papier das Violett erſcheint, ſondern beinahe um die halbe Länge des Spectrums darüber hinaus, bis man die dunklen Tinten nicht mehr von dem übrigen unbeleuchteten Papier unterſcheiden kann.

Man ſieht aus dieſem Experiment ſehr unzweifelhaft, daß, wie es unhörbare Töne giebt, es auch unſichtbares Licht giebt, Licht, welches für unſer Auge nicht wahrnehmbar iſt, welches aber durch ſeine chemiſche Wirkung ſich offenbart.

Die Thatſache, daß die Wärme des Sonnenſpectrums nicht auf den hellſten Punkt deſſelben fällt, iſt ſchon längſt bekannt, hier tritt nun etwas Neues, aber ein Analogon dazu auf. Man hat nämlich ſchon ſeit Newton die Temperatur des Spectrums mit dem Thermometer unterſucht, um zu finden, ob die Wärmeſtrahlen, welche von der Sonne ausgehen, eben ſo brechbar ſind als das Licht, ob ſie es mehr oder minder ſind und wo ſich, wenn ſie brechbar wären, die ſtärkſte Erhöhung der Temperatur zeige. Man wendete dazu empfindliche Thermometer an und fand ſehr bald zu nicht geringem Erſtaunen der Forſcher, daß die größte Wärme ſich nicht in dem hellen Gelb, ſondern in dem immer dunkler werdenden Orange und Roth zeige. Es war alſo der Wärmeantheil des Sonnenſpectrums eben ſo gut brechbar wie der Lichtantheil, wenn ſchon, wie es ſich aus dieſer Beobachtung ergab, die Wärme das weniger Brechbare unter den ausgehenden Strahlen war (die rothen Strahlen ſind am wenigſten von dem geraden Wege abgelenkt).

Da es nun aber ſo war, ſo lag nahe, die Verſuche noch zu verfolgen, um zu ſehen, ob nicht außerhalb des Lichtſpectrums ſich noch ein Wärmeſpectrum ermitteln laſſe und ſiehe, es war ſo, die Wärme war in den rothen Strahlen gar nicht am ſtärkſten, ſondern außerhalb derſelben, nicht um ein Geringes weiter ab als man noch eine Spur von Erhellung ſehen konnte, fühlte das Thermometer noch die Wärme heraus und zwar eine Anfangs noch beträchtlich geſteigerte, ſo daß hinter dem Roth, in welchem Wärme war, die erhöhte Wärme erſt recht auftrat.

Als man im Jahre 1838 die merkwürdige Entdeckung Daguerre's und Talbot's näher in's Auge faßte (von welcher ein eigner Artikel handeln wird), da fand man, daß ein Bild in einer Camera obscura ſehr

deutlich sein könne, ohne daß eine für die Lichteindrücke empfängliche Platte von dieser Stelle vollständig und kräftig angeregt würde. Sorgfältige Versuche stellten unzweifelhaft heraus, daß die chemisch wirksamsten Strahlen nicht innerhalb des eigentlichen Farbenbildes lagen, sondern daß man die für das Licht empfindliche Tafel an einen Ort stellen müsse, der schon außerhalb des deutlich erscheinenden Bildes lag, daß es also chemisch wirksame Strahlen gebe, welche eine andere Lage haben als die farbigen und eine andere Brechbarkeit, und zwar lagen wie die Wärmestrahlen jenseits des Roth, so die chemischen jenseits des Violett.

Der oben angeführte Versuch zeigt nun aber, in welch hohem Grade eine solche Verschiebung außerhalb des Spectrums stattfindet und wir erhalten wahrscheinlich auf diesem Wege Mittel, das Spectrum da zu untersuchen, wo unser Auge nichts mehr sieht und es ist auch bereits mancherlei geschehen, um das gewonnene Feld zu bearbeiten, die Versuche sind in abgeänderter Weise fortgesetzt mit den fluorescirenden Flüssigkeiten.

Man brachte z. B. dieselben zwischen zwei ebenen Glastafeln an diejenige Stelle, an welcher das Spectrum gewöhnlich von einer weißen Fläche aufgefangen wurde. War die Flüssigkeit aus Blattgrün gewonnen, so erschien das ganze Spectrum einfach roth gefärbt, die sämmtlichen anders gefärbten Strahlen wurden also verschluckt oder verwandelt, selbst die blauen und grünen nicht weniger als die andern. Hierbei wurde für die Untersuchung der Strahlen außerhalb des Spectrums wenig Terrain gewonnen, ausgiebiger aber ist dieselbe Untersuchung, wenn man eine Chininlösung oder einen Auszug aus Kastanienrinde anwendet, diese beiden Substanzen sind höchst empfindlich für die unsichtbaren Lichtstrahlen, für diejenigen, welche außerhalb des Spectrums auf weißem Grunde liegen, also nicht wahrnehmbar sind.

Auf beiden Flüssigkeiten gewahrt man nichts von den Farbenerscheinungen der rothen und gelben Hälfte des Spectrums, diese Farben werden vollständig absorbirt, alles Blau aber von derjenigen Stelle, wo auf dem weißen Schirm das Grün erscheint, alles Blau wird zurückgeworfen, es beginnt mit einer sehr hellen Tinte, wird immer dunkler gegen die Stelle hin, wo das eigentliche Tiefblau erscheinen soll und geht nun auch über das Violett hin, dieses aber erscheint gar nicht, indem die rothen Strahlen darin vollständig vernichtet werden, an der Stelle des Violett steht das aus demselben abgeschiedene Blau. Allein nicht bloß da, wo das Violett auf einem weißen Schirm erschiene, sondern weit darüber hinaus war der blaue Schein wahrzunehmen, bis er endlich abnahm und verschwand.

Es ist dies ein ganz ähnlicher Fall wie bei dem Curcumapapier,

ch ist es dieselbe Lichtseite, welche hier zur Wirkung kommt, die der blauen
rahlen, welche sichtlich die bedeutendste chemische Wirksamkeit haben und
der Technik vielleicht einmal eine noch viel bedeutendere Rolle spielen
rden als jetzt schon in der Photographie geschieht.

Achromasie.

Haben wir bis hierher von den Farben gesprochen, in welche das Licht
legt werden kann, so ist hier die Stelle, zu untersuchen, ob es nicht
glich sei, die Farbenzerstreuung zu verhindern.

Wir haben erfahren, daß der Lichtstrahl dadurch von seinem Wege ab-
lenkt werden kann, daß man ihn durch verschieden dichte Mittel gehen
t; tritt derselbe in einer gewissen Richtung aus der Luft in Wasser, so
rläßt er diese Richtung und schlägt eine andere ein, tritt er aus Wasser
Luft, so findet dasselbe statt, tritt er aus Luft von gewisser Dichtigkeit
Luft von anderer Dichtigkeit, so wird er gleichfalls von diesem Wege
gelenkt. Die Gesetze, nach denen dies geschieht, zu betrachten, liegt uns
ch ob, hier wollen wir nur das Factum feststellen, welches wir eigentlich
s bekannt voraussehen könnten, da ein Jeder so ziemlich eine Anschauung
von hat, indem der in das Glas Wasser gehaltene Bleistift so gut ge-
ochen aussieht wie das von dem Kahne aus in den Fluß getauchte Ruder.
iese allgemeine bekannte Erscheinung beruht auf der Eigenschaft des Lichtes,
h durch gewisse Körper von seinem Wege ablenken zu lassen, oder gleich-
l auf der Eigenschaft gewisser Körper, das Licht abzulenken.

Diese Ablenkung ist jederzeit mit derjenigen Erscheinung verbunden,
lche wir Farbenzerstreuung nennen und welche wir in dem Vorigen be-
chtet haben.

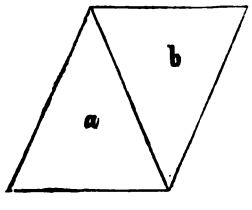
Es ist die Brechbarkeit des Lichtes für viele physikalische Instrumente
n größter Wichtigkeit, denn ohne sie würde es keine Brillen, keine Loupen,
ne Mikroskope und keine Fernröhre geben, für eben diese Instrumente ist
r die Farbenzerstreuung etwas höchst Lästiges, denn da es sich bei allen
sen Instrumenten darum handelt, von dem zu betrachtenden Gegenstande
Bild in unser Auge zu bringen, dieses Bild aber aus *verschieden*
chbaren Strahlen besteht, so werden die Strahlen niemals in *einem*
nkt zusammenkommen, man wird also niemals ein vollkommen scharfes

Bild haben, die anderen Bilder werden darüber hingreifen und dasselbe mit farbigen Rändern säumen — das größte Hinderniß für die Beobachtung.

Newton, der Schöpfer der neueren Optik, fühlte diesen Mangel sehr wohl und gab sich viel Mühe, ihn zu beseitigen, allein seine Versuche konnten nicht gelingen, weil er von der vorgefaßten Meinung ausging, die Farbenzerstreuung, welche er entdeckt, fände bei allen Körpern in einem ähnlichen oder gleichen Verhältniß statt, wenn also die Brechung der mittleren (gelben und grünen) Strahlen bestimmt sei, so sei dadurch auch das Brechungsverhältniß der äußersten, d. h. der am meisten und der am wenigsten brechbaren Strahlen, der rothen und violetten gegeben, das brechende Mittel sei, welches es wolle.

Diese Annahme stützte sich auf einige unrichtige Versuche. Er hatte die Strahlen durch ein Prisma abgelenkt; nun legte er ein anderes Prisma verkehrt an das erste und so daß, wenn der brechende Winkel von *b* nach unten gerichtet gewesen, der brechende Winkel von *a* nach oben gekehrt war.

Fig. 327.



Hierbei mußte etwas herauskommen, das geschah auch, es kam nämlich ein farbloser Strahl heraus, aber auch ein ungebrochener, ein nicht von seinem Wege abgelenkter; mit solchen Strahlen kann man nichts anfangen, die kann man nicht zu einem Bilde vereinigen, denn bei dem Hauptglase eines Fernrohrs (dem vordersten auf den Gegenstand, das Object gerichtete, welches man deshalb das Objectivglas nennt) sollen die einfallenden, von dem zu betrachtenden Gegenstand kommenden Strahlen nicht parallel mit ihrer früheren Richtung austreten, sondern sie sollen ringsum von dem Rande nach der Mitte zu gelenkt oder gebrochen ausgehen, um sich in einem Punkte zu vereinigen und dadurch das verlangte Bild zu geben.

Newton gab deshalb den Gedanken der Verbesserung der Fernröhre auf und wandte seinen Fleiß auf die Spiegelteleskope und da Newton die Frage hatte fallen lassen, da er das Räthsel für unlösbar erklärt, so blieb dasselbe über 80 Jahre lang unerörtert — „Rom hat gesprochen, die Sache ist entschieden!"

Euler, der größte Mathematiker des vorigen Jahrhunderts, den sein Vaterland, die Schweiz (Basel) ausstieß, wie früher den armen Kepler das seine (Würtemberg) und wie später Wieland und Schiller, Hegel und Schelling eben dasselbe (alle vier waren Würtemberger), weil man sie nicht verstand, sondern für Narren hielt, was den mehr als gewöhnlich

cheuten Männern häufig begegnet, Euler, welcher zuerst in Petersburg, m 20 Jahre lang Professor der Akademie in Berlin war, seine letzten hre aber wieder in Petersburg zubrachte, richtete seine Aufmerksamkeit f den von Newton aufgegebenen Gegenstand. Er sprach sich in den moiren der Berliner Akademie vom Jahre 1747 hierüber aus, wie gt:

„Schon Newton hat vermuthet, daß Objectivgläser aus zwei neben nder gestellten Linsen, deren Zwischenräume mit Wasser angefüllt wür- t, zur Verbesserung der Fernröhre hinsichtlich der Abweichung wegen der vollkommenen Gestalt der Gläser dienen könnten, aber den Gedanken, daß durch eben dieses Mittel möglich sei, den Raum zu verkleinern, in chem sich die Farbenstrahlen als ihrem Vereinigungsraume ausbreiten, eint er nicht gefaßt, scheint er dabei ganz und gar nicht berücksichtigt zu ben. Mir hingegen ist es von Anfang an wahrscheinlich gewesen, daß n durch Zusammensetzung verschiedener durchsichtiger Mittel nach aufzu- enden Gesetzen dahin werde kommen können, auch diesem Fehler abzu- en und ich bin überzeugt, daß die verschiedenen Feuchtigkeiten unserem Auge so geordnet sind, daß dadurch die Ausbreitung Zerstreuung der Farben gänzlich gehoben wird. Ich glaube, ist eine ganz neue Seite, von welcher der Bau des Auges unsere Be- derung verdient, denn wäre es nur darauf abgesehen, Bilder im Auge ustellen, so wäre ein einziger, die Strahlen brechender Körper eichend gewesen, falls er nur die dazu erforderliche Gestalt gehabt hätte. lte aber das Auge ein vollkommenes Werkzeug sein, so mußten mehrere chiedene, die Lichtstrahlen durchlassende und brechende Substanzen dazu sammt und in gehöriger Gestalt nach den Regeln der höheren Geometrie unden werden, damit die Deutlichkeit des Bildes nicht durch die ver- dene Brechbarkeit der Strahlen gestört werde."

Dieser Gedanke Euler's ist glänzend, ist wahrhaft groß, eines wahren chers nach den Gesetzen der Natur würdig, das Auge ist ein Beweis, es Mittel giebt, die Achromasie zu bewerkstelligen, Bilder von außer- eines optischen Instrumentes befindlichen Gegenständen innerhalb des- n darzustellen, ohne daß dieselben durch die Farbenzerstreuung undeutlich, stimmt werden.

Was ein solcher Mann gesagt hatte, konnte nicht unbeachtet bleiben es wurden nun in dieser Richtung Versuche angestellt, welche jedoch l schwerlich in der richtigen Weise geleitet waren, so daß sich wenigstens chen Wasser und Glas nichts ergab, was auf eine Spur hätte führen nen.

In London lebte zur damaligen Zeit ein Instrumentenmache
Mechanikus John Dollond, welcher die besten Brillen, Loupen, Mi
und Fernröhre machte, aber auch Fernröhre wie alle andern mit f
Rändern an den Bildern. Der Mann wurde auf Euler's Abh
aufmerksam gemacht und da ihm daran liegen konnte, seinen Ruhm
als seinen Verdienst zu vermehren, so ging er Euler's Berechnunge
fältig durch, fand sie aber alle gänzlich falsch, wie es wohl nicht
sein konnte, da er, in Newton's Ansicht befangen, die Rechnunge
dessen Methode prüfte. Euler wagte noch nicht, Newton's Gr
und Versuche zweifelhaft zu machen, er legte nur dar, daß der B
Auges auf keine Weise zu erklären sei, wenn man nach Newton's L
die Vermeidung der Farbenzerstreuung bei jeder Brechung der Lichtf
durch erhabene Gläser als unmöglich ansehen wolle.

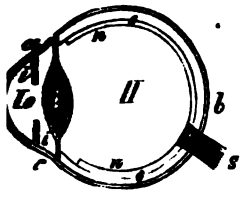
Weniger Respect zeigte der schwedische Mathematiker Samuel
genstierna, welcher Newton's Versuche und Behauptungen stren
fend durchrechnete und nachwies, daß, wenn Newton's Behauptunge
die Farbenzerstreuung und Brechung richtig wären, hieraus nich
Gesetz für die Farbenzerstreuung hervorginge, sondern unendlich
verschiedene Gesetze, die sowohl gegen einander als gegen das Newt
stritten, hervorgehen würden und er bewies, daß Lichtstrahlen dur
schiedene verschieden brechende Mittel sehr wohl in paralleler Richtun
treten (d. h. nicht gebrochen, sondern so wie sie durch ein ebenes
Spiegelglas gehen würden) und dabei doch eine Farbenzerstreuung
könnten.

Das Auge.

Der Gedanke, auf welchen sich Euler stützt, daß das farblose
gebende Auge diese Eigenschaft wahrscheinlich durch seine Zusammen
aus verschieden brechenden Mitteln habe, ist vollkommen wahr, bet
wir dies wunderbare, höchst künstliche Werkzeug näher, so finden w
Ansicht vollkommen bestätigt.

Unter der Stirn in einer nach hinten spitz zugehenden Höhlu
Kopfknochen liegt das Organ des Sehens, das Auge. Es ist eine
die mit einer weißen, undurchsichtigen harten Haut umkleidet ist, wel
undurchsichtige Hornhaut heißt, *abc* zum Unterschiede von dem
adc, welches vorn sichtbar, die durchsichtige Hornhaut heißt.
durchsichtige, gleichfalls sehr harte und Widerstand leistende Haut ist f
daß die gewöhnlichen Vergleiche mit Wasser und Krystall u. s. w. ni

Fig. 328.



nügen, denn sie ist wirklich viel klarer als der schönste Krystall, wie es denn auch für das Organ nöthig ist, bei dem die geringste Trübung dieses oder eines andern durchsichtig sein sollenden Theiles das deutliche Sehen, eine stärkere Trübung das Sehen überhaupt hindert (grauer, grüner Staar, der schwarze Staar gehört nicht in diese Kategorie).

Innerhalb dieses kugelförmigen Organs, des sogenannten Augapfels, ist eine zweite feinere, die sogenannte Aderhaut, welche fast gänzlich aus den Gefäßen und Nerven besteht und inwendig mit einem beinahe schwarzen, schleimigen Pigment bekleidet ist. Die schwarze Farbe dient, um zu verhindern, daß die Lichtstrahlen, welche durch die vordere durchsichtige Fläche das Auge bringen, inwendig reflectirt werden von den Wänden des Auges, wodurch das deutliche Sehen jedenfalls gestört werden müßte. Diese Haut geht bis nach vorn (*ae*), wo sie sich immer mehr verfeinert und einen kreisförmigen Vorhang bildet, welcher, da er in der Zeichnung von der Seite gesehen wird, hier als getrennte gerade Linie *ii* erscheint; von vorn gesehen bildet sie dasjenige, was wir das Blaue oder Braune im Auge nennen, die Iris, ein Vorhang in Kreisform mit einem Loch in der Mitte *o*, welches ganz schwarz aussieht, da nichts dahinter Licht reflectiren kann, ein Vorhang mit einer Schnürvorrichtung, wodurch das Loch mehr oder minder verengert oder erweitert werden kann. Diese Haut, welche man die Iris nennt und welche vermöge ihrer Farbe dem Auge denjenigen Namen giebt, nach welchem wir dasselbe Grau, Blau, Dunkelblau, Grün, Braun oder Schwarz nennen, besteht aus feinen Muskelfasern, deren Zusammenziehung die Verkleinerung, deren Nachlassen die Erweiterung des Sehloches bewirkt.

Ueber die Aderhaut breitet sich die Netzhaut *nn* aus, das innerste zarte Geflecht von feinsten Nervenfasern, welche eine hautartig gestaltete Ausbreitung des Sehnerven ist (*s*), der nahe an der Nase aus dem Gehirn kommend, schief in das Auge eintritt.

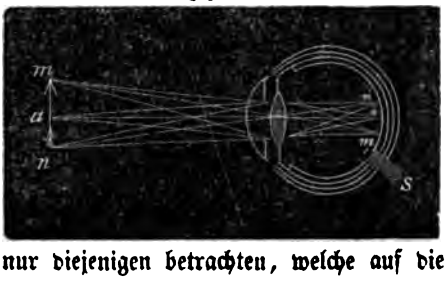
Was nun das Optische an diesem wunderbaren Werkzeuge betrifft, wird dasselbe gebildet durch drei höchst durchsichtige Körper, welche aus Flüssigkeitheilen bestehen und bestimmt sind, die empfangenen Lichtstrahlen zu einem Bilde zu vereinigen, damit dieses sich auf der Netzhaut gestalte und durch einen Prozeß, den wir allerdings nicht kennen, zum Bewußtsein gelange, so daß wir uns sagen „ich sehe."

Wir finden in unserem Bilde einen schraffirten Theil *l*, welcher auf

der Vorderseite des Auges hinter der Iris befestigt ist, an zarten B schwebt, so daß seine Mitte hinter der Mitte der Oeffnung in d befindlich. Dieser Körper, höchst durchsichtig und gestaltet wie ein Loupen- oder Vergrößerungsglas, heißt die Krystalllinse (wie alle dieser Art Linsen heißen, von ihrer Form, welche der einer Linse ähnlich ist). Die dem Auge angehörige ist nicht ganz so gestaltet, s sie ist nicht auf beiden Seiten gleich stark erhaben, sondern auf der V fläche weniger, auf der nach hinten, nach dem Innern des Auges geri Seite mehr. Die Optik hat sich dieser Form bemächtigt, weil sie ge hat, daß dergleichen Linsen von einer stärkeren und besseren Wirkun die Bilder weniger verzerren, man nennt jetzt Gläser, die so geschliffen „Linsen bester Form."

Durch eine solche Linse würde das Auge bereits zum Sehen t sein, allein es soll nicht bloß ein Bild, es soll auch ein reines, far d. h. nicht bunt gerändertes sein, dieses, was die Optik ein achroma Bild nennt, wird erreicht durch ein zweites, auf einer Seite convexe der anderen Seite concaves Glas, dasjenige, was auf unserer Figu einem *I* bezeichnet ist. Zwischen der zarten Haut, in welcher die Kr linse schwebt, und der äußeren durchsichtigen Hornhaut ist eine äußerst sichtige Flüssigkeit eingefüllt, man nennt sie die wässrige Feuchtigkeit. wird die Achromasie bewirkt. Hinter der Krystalllinse ist ein größerer Raum mit einer anderen, gleichfalls höchst durchsichtigen Flüssigkeit vielmehr mit einem ziemlich consistenten Gallert gefüllt, diese heißt di ferne Feuchtigkeit. Durch sie hindurch gehen die auf der Vorderfläch Auges aufgefangenen, durch die wässrige Feuchtigkeit und die Krysta gebrochenen, aber nicht in Farben zerstreuten Strahlen hindurch, um sich Fig. 329 zeigt, auf der Netzhaut abzubilden.

Fig. 329.



man ist ein Gegen welchen das Auge sehen Von jedem Punkte, der si ist, gehen ringsum St aus, von *m* verbreiten Strahlen rund umher halb der Punkt eben i sichtbar ist), allein wir nur diejenigen betrachten, welche auf die Pupille des Auges fallen, sieht das Auge ja doch nicht, folglich sind sie für uns gleichgültig brauchen uns um sie nicht zu bekümmern. Diese Strahlen werden n der wässrigen Feuchtigkeit und in der Krystalllinse gebrochen und ge

m', auf die Rückwand des Auges, daher dieser Punkt die Empfindung
; Sehens hat.

Von dem Punkte n geht eben so ein Strahlenkegel aus, den wir bei
ſich auf der Netzhaut vereinigen ſehen, daſſelbe geſchieht mit a und mit
em andern Punkte.

So erzeugt ſich auf der Netzhaut ein verkehrtes Bild des Gegenſtandes,
a wir ſehen, wie der Verſtand, die Ueberlegung des Menſchen dieſes
ild aufrecht ſtellt, wiſſen wir nicht, iſt auch ganz gleichgültig, da es ſich
r um das optiſche Bild handelt, nicht um das vermöge deſſelben bewirkte
ehen, welches ein Gegenſtand der Phyſiologie iſt, welcher nicht in unſere
etrachtung gehört, wiewohl wir nicht verfehlen werden, darauf näher ein-
gehen.

Das Inſtrument, welches hier beſchrieben iſt, aus hornartigen Sub-
nzen, Gallert, Blut u. ſ. w. gefertigt, heißt Auge, aus Pappe, Holz und
las gefertigt heißt es Camera obscura. Das erſtere iſt achromatiſch,
s andere in der Regel nicht, weil ſein Objectiv (die Kryſtalllinſe und die
ſſrige Feuchtigkeit) nicht aus zwei verſchiedenen Subſtanzen zuſammen-
ſetzt, ſondern wie jedes Brennglas einfach iſt.

Dollond's achromatiſches Prisma.

Dollond zog das hier Geſagte nach Euler's Andeutung in Be-
rachtung und da er durch Klingenſtierna's mathematiſche Ableitung der
nzuläſſigkeit der Newton'ſchen Behauptung doch auf die Möglichkeit ge-
hrt wurde, daß Newton ſich geirrt haben könnte, ſo wollte er ſich durch
erſuche überzeugen.

Der engliſche Optikus fügte nun zwei ebene Glasplatten zu einem
risma zuſammen, deſſen Seiten in ſo weit beweglich waren, daß man den
inkel, unter welchem ſie an einander ſtießen, verändern konnte, dieſes hohle
risma füllte er mit Waſſer, ſtellte ein gläſernes Prisma mit dem brechen-
n Winkel nach oben gerichtet hinein, ſo daß die gegen das Waſſerprisma
rkehrte Stellung die Brechung aufheben konnte.

Es wurde nunmehr der Winkel des Waſſerprisma's ſo lange geändert,
s beim Hindurchſehen die Gegenſtände nicht von ihrem Orte verſchoben
ſchienen. War dies erreicht, ſo blieb doch noch immer eine Wirkung des
risma's übrig, die Brechung war durch die Zuſammenſtellung aufgehoben,
e Farbenzerſtreuung nicht.

Hier war etwas thatſächlich erwieſen, woran man nahe an hundert
ahre gezweifelt hatte und wenn durch Zuſammenſtellung zweier Körper w

einem Prisma die Brechung aufgehoben, die Farbenzerstreuung aber erhalten werden konnte, so mußte nach dem Gesetz der Reciprocität eben so gut die Farbenzerstreuung aufgehoben und die Brechung erhalten werden können.

In dieser Zeit, doch beinahe 20 Jahre früher, hatte sich ein Herr Chester Moore Hall aus Essex um das gleiche Ziel bemüht. Er war ein Dilettant in den physischen und mathematischen Wissenschaften, machte mancherlei Versuche bald in diesem, bald in jenem Fache, soll vielerlei Interessantes gefunden, aber nichts geleistet haben für seine Zeit oder die Nachwelt, weil er alle Entdeckungen, auf die er kam, für sich behielt wie ein Geiziger das gewonnene Gold.

Dieser Master Hall bestellte bei einem Glasschleifer an einem Ende von London eine doppeltconvexe Linse aus Crownglas von gewissen Dimensionen, bei einem andern Optiker an einem sehr entfernten Punkte der großen Stadt bestellte er ein planconvexes Glas auch von genau angegebener Höhlung aus Flintglas.

Der Zufall wollte, daß die beiden armen Glasschleifer die erforderlichen Schalen nicht hatten, sie wußten keinen bessern Rath als zu Dollond zu gehen, welcher schon damals eine Brillenfabrik hatte und alle möglichen Formen zur Schleifung von Gläsern besaß. Die Bestellungen wurden effectuirt und die beiden Gläser kamen in Dollond's eigene Hände zur Prüfung und endlichen Ablieferung an die Besteller.

Dollond besah sich die beiden Gegenstände, fand mit einem den eigentlichen Technikern gewöhnlichen Kennerblick, daß die Höhlung des Flintglases der erhabenen Rundung des Crownglases entsprach — fand den Zufall wunderbar — legte die beiden Gläser zusammen, erhielt ein Brennglas mit geringerer Brechung als das Crownglas allein gehabt, fand aber zu seinem Erstaunen, daß dieses zusammengesetzte Glas farblose Bilder gab.

Sie müssen einen Besteller haben, dachte er, lieferte die Gläser nicht ab wie sie waren, sondern suchte sich ein Stück Spiegelglas von der hellen Farbe des Flintglases aus, welches er für Flintglas auszugeben beschloß, machte so ein Objectiv von der verlangten Form, aber nicht von den verlangten Eigenschaften und forschte nun bei den beiden Glasschleifern nach demjenigen, von dem die Bestellung ausgegangen.

Beide waren höchst geneigt, Alles zu verrathen, was sie wußten, aber sie wußten nichts. Die Beschreibung des Bestellers ward von beiden gleich erkennbar gegeben, wer derselbe jedoch sei, wo er sei, was er beabsichtige, wußte Keiner von beiden.

Sie bekamen Jeder das verlangte Glas, welches bei der Zusammensetzung unbrauchbar war und dabei blieb es.

Dollond benutzte die erhaltenen Winke und forschte weiter; hier hatte er wohl ein Muster für das Objectiv eines Fernrohrs von bestimmter Länge, allein jedes kürzere oder jedes längere mußte eine andere Zusammensetzung haben und diese so wie die Gesetze, wonach sie zu bilden waren, mußten erforscht werden, so entstand, in Verbindung mit den Winken, welche er durch Euler's und durch Klingenstierna's Berechnungen erhalten hatte, das oben Erzählte an Versuchen, woran sich denn eine genauere Prüfung der verschiedenen Brechbarkeit einiger Glasarten schloß, welche Dollond zu seiner Freude sehr viel verschiedener fand als er geglaubt hatte.

Er ging nun rein empirisch zu Werke, er schliff sich starke Prismen aus Crownglas von sehr vielen verschiedenen Dimensionen und schliff zu diesen Flintglasprismen, so lange in der Form geändert, bis jedes Paar das auffallende Licht brach, aber das Bild farblos erschien.

Dann schliff er nach den so erhaltenen Winkeln Objective, allein noch hatte er mit unendlichen Schwierigkeiten bei der Ausführung zu kämpfen, so daß es ihm erst im Jahre 1755 gelang, ein gutes achromatisches Fernrohr zu fertigen.

Der Ruf von den Leistungen eines solchen machte ein gewaltiges Aufsehen — es war 7 Fuß lang und hatte eine 320malige Vergrößerung — das war etwas noch nie dagewesenes, denn um sie durch ein dioptrisches Fernrohr der gewöhnlichen Art zu erlangen, hätte dasselbe 200 Fuß lang sein müssen, was denn doch unausführbar war, obschon man Fernröhre von 50, ja von 100 Fuß Länge hatte, wenn schon ohne Rohr, so nämlich, daß das Objectiv an einen Thurm angebracht war und der Beobachter auf der Erde oder auf einer Leiter stand, auf welcher er bei dem Richten seines Instrumentes durch Schnüre, mit dem Ocular in der Hand, auf und ab stieg.

Dollond hielt sein Verfahren mit der größten Eifersucht geheim, die Objectivgläser waren nicht durch Schrauben zusammengehalten, sondern in die Fassung eingesprengt, so daß man sie, ohne Zerstörung der Fassung wenigstens, nicht herausnehmen konnte, dann hatten sie nur in einer einzigen bestimmten Lage vollkommenen Achromatismus; wurden sie aus dieser Lage gebracht, so leisteten sie das Verlangte nicht mehr.

Dies veranlaßte natürlich und besonders bei den colossalen Preisen, welche Dollond sich zahlen ließ, die Physiker und Mathematiker des Festlandes, Mittel zu suchen, um durch Berechnung der Brechungsverhältnisse hinter die Geheimnisse des Engländers zu kommen, es gelang auch Klingenstierna und d'Alembert vollständig, allein ihre mathematischen Ableitungen waren so schwerfällig wie ihre Gelehrsamkeit groß, daher kein Mechaniker und kein Glasschleifer die mühsam errungenen Formeln brauchen

konnte. Dieſen Leuten nutzt es nichts, daß man ihnen das Brechungsverhältniß der beiden Glasarten, die ſie zum Objectiv anwenden ſollen, durch

$$x^2 + y^3 + \sqrt{z^7} \quad \frac{n_2 - n_1}{n'_2 - n'_1}$$

angiebt, was verſteht er davon, daß der Brechungsexponent des Streifen *B* im rothen Lichte des Spectrums für das Flintglas Nr. 30 aus der Fraunhofer'ſchen Anſtalt mit n_1 bezeichnet, gleich iſt 1,623,370, für den Streifen *C* aber $n_2 = 1{,}625{,}477$. Hiermit ſchleift er ſo wenig Objective als mit Logarithmen, Sinus und Coſinus oder Tangenten und Cotangenten, und wenn man ihm mit Quadratwurzeln und Kubikwurzeln ausziehen kommt, ſo ſagt er höchſtens: „dergleichen Wurzeln wachſen in ſeinem Garten gar nicht.“ Der Glasſchleifer muß eine Aufgabe erhalten: ſchleife mir eine Crownglaslinſe von 12,7 Zoll Krümmung der einen und 5 Zoll der andern Fläche, dazu ein Hohlglas von Flint, mit einer Krümmung von 5 Zoll jederſeitig und noch ein Crownglas mit 7 Zoll jederſeitiger Krümmung.

Nun weiß er, was er zu thun hat und der Beſteller ſetzt die drei Gläſer zu einem achromatiſchen Objectiv von 15 Zoll Brennweite zuſammen.

Dieſes gaben nun die gelehrten Herren nicht an, darum blieben die Engländer im Beſitz des öffentlichen Geheimniſſes und beuteten es, practiſch wie ſie ſind, rein practiſch aus. Um die Objective recht gut zu machen, wurden von den ſehr gebräuchlichen Größen hunderte zugleich geſchliffen und nun je drei Gläſer ſo lange zuſammengeſucht, bis ſie im dunklen Zimmer ein vollkommen ſcharfes, ganz farbloſes Bild gaben, was bei dem großen Markt, den die Engländer hatten, ſehr wohl thunlich war; welches Verfahren denn auch jetzt in großen Schleifanſtalten noch angewendet wird, wiewohl man in der rationellen Behandlung dieſes Gegenſtandes gegenwärtig in Deutſchland viel weiter iſt als man jemals in England war.

Es iſt nicht unintereſſant zu erfahren, daß am Ende des vorigen Jahrhunderts die Nachkommen des Maſter Hall die Priorität der Erfindung achromatiſcher Gläſer für ihren Vorfahren (Vater oder Großvater) in Anſpruch nahmen, und Dollond, welcher durch die Benutzung der Erfindung zum ſehr reichen Mann geworden, auf Schadenerſatz verklagten; der Gerichtshof entſchied zu Gunſten Dollond's, indem er ſagte: 20 Jahre nach der Auffindung der Achromaſie durch Hall habe derſelbe die nützliche Entdeckung der Welt noch nicht offenbart, er habe alſo gar nicht die Abſicht gehabt, ſie zu verwerthen, der Welt zum Frommen und ſich zum Nutzen auszubeuten, er ſei auch durch kein Patent geſchützt geweſen. Daß Dollond

Erfindung benutzt und der Welt mitgetheilt, fordere Dank, nicht Strafe die Erben haben also nicht einmal den Ruhm ihres Vorfahren, viel iger die möglichen Vortheile aus dem Gebrauch der Erfindung zu beanuchen.

Ein Prisma zu machen, welches die Strahlen bricht, ohne die Farben zerstreuen, ist nach dem jetzigen Stande der Technik sehr leicht. Die echung des Flintglases und des Crownglases ist beinahe gleich, die Far-

Fig. 330.

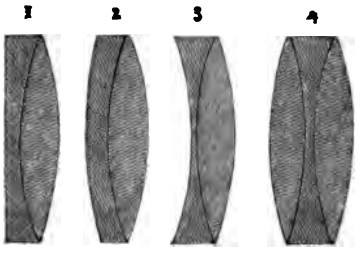
benzerstreuung des Flintglases ist vollständig doppelt so groß als die des Crownglases; wenn ich also ein Prisma von Crownglas habe, dessen brechender Winkel *a* 26 Grad beträgt und ich will ein Flintglasprisma von derselben brechenden Kraft haben, so muß es eben so dick sein, eben denselben Winkel haben, will ich aber ein Prisma haben, welches ein eben so breites Farbenbild giebt, ein Flintglasprisma, das die Farben so zerstreut wie ein Crownglasprisma, so werde ich den brechenden Winkel desselben *b* nur halb so ß machen dürfen, also das kleinere von Flintglas thut hinsichtlich der rben dasselbe, was das größere von Crownglas thut.

Legt man nun, wie die Fig. 330 zeigt, die beiden Prismen verkehrt einander, so wird das eine die Farbe in einem gewissen Sinne, das dere im entgegengesetzten Sinne zerstreuen und da die Zerstreuung der Gläser gleich ist, so wird jede durch die andere aufgehoben.

Nicht so mit der Brechung. Das Flintglas hebt von der Brechung Strahlen durch das Crownglas nur die Hälfte der Wirkung auf, weil nur halb so dick ist, einen nur halb so großen brechenden Winkel hat, Hälfte der Wirkung des Crownglasprisma's bleibt also übrig.

Hierauf (auf diesem Gesetz eines bestimmten Verhältnisses zwischen echung und Farbenzerstreuung) beruht nun die Kunst, achromatische Obive zu machen, sie haben die hier angegebene verschiedenartige Zusammenlung. Das eine Glas von der Form einer Linse ist unter allen Um-

Fig. 331.



ſtänden von Crownglas, bei 1 iſt das Flintglas auf einer Seite hohl, auf der anderen gerade, bei 2 iſt das Flintglas auf einer Seite hohl, auf der anderen Seite erhaben (man hält gegenwärtig dieſe für die beſte Form), bei 3 iſt das Flintglas auf beiden Seiten hohl, wie bei 4, das letztere aber heißt ein dreifaches Objectiv, es beſteht aus zwei Crownglaslinſen und einem dazwiſchen liegenden hohlen Flintglaſe.

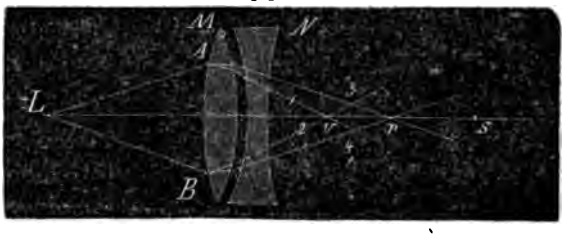
Der Schlüſſel zur Achromaſie liegt alſo in den wenigen Worten: man nehme eine Crownglaslinſe von einer gegebenen Brennweite und füge an ſie ein hohles Flintglas von der doppelten Zerſtreuungsweite wie die des Crownglaſes, ſo wird eine Brechung übrig bleiben, welche der halben Brechung des Crownglaſes allein entſpricht.

Man ſieht leicht ein, daß für ein Fernrohr zu aſtronomiſchen Zwecken mit „ganz und halb" nicht ausgereicht werden könne, daß man dabei alſo genauer zu Werke gehen müſſe als hier angegeben, vollkommen richtig iſt aber das Prinzip und jeder Mechaniker, wenn er nicht Fraunhofer'ſche Refractoren für 30,000 Thaler zu liefern hat, wird durch die gegebene Notiz in Stand geſetzt werden, achromatiſche Gläſer, wie ſie gewöhnlich vorkommen, zu ſchleifen.

Zu den feineren Nüancen zu gelangen, wird er aber nicht vermögen, wenn er nicht ſelbſt ein Fraunhofer iſt, er wird, ſoll er etwas Beſonderes leiſten, immer einen tüchtigen Phyſiker zu Rathe ziehen müſſen.

Die Zeichnung Fig. 332 giebt die Lage der Linien und Wege, welche man ſich zu denken hat als durch ein achromatiſches Glas bewerkſtelligt.

Fig. 332.



M iſt die Crownglaslinſe; die hohle Maſſe von Flintglas, mit N bezeichnet, ſteht hinter der Crownglaslinſe M; von dem leuchtenden Punkte L, den man ſich natürlich ſehr viel weiter entfernt denken muß, gehen Strahlen nach M. LA wird durch M allein in der Richtung der Linie 1, LB in der Richtung von 2 abgelenkt und beide Linien kommen in dem Punkte r zuſammen. Die in ſolcher Art ſchräg auf das concave Glas N fallenden Strahlen werden weniger ſchräg, ſie breiten ſich aus und helfen einen *neuen* Focus bilden, durch die Linien 3 und 4, welche ſich in r vereinigen,

gedeutet. Ohne das vordere Glas würden die Linien scheinbar in *s* zusam-
nkommen, ohne das hintere in *v*, durch beide vereint in der Mitte des
eges in *r*. Die Farben sind umgekehrt zerstreut, wie aus der Form der
läser hervorgeht (das eine ist in der Mitte dünn, das andere am
ande) und daher heben sie sich auf, indeß eine Brechung übrig bleibt.

Was wir bisher von dem Lichte gesagt, betraf seine physikalischen
genschaften; wir haben deren noch mehrere zu betrachten, können dieses
och nicht, ohne uns besonderer hierzu eingerichteter Instrumente zu be-
nen und wenden uns darum zuerst zu diesen; um sie und ihre Wirkung
er zu begreifen, müssen wir uns mit dem Gesetze der Spiegelung und
r Brechung des Lichtes vertraut machen.

Von der Spiegelung.

Jedes sichtbare Ding wirft Strahlen zurück, nur dadurch sehen wir,
lein das ist noch nicht Spiegelung; je mehr Strahlen ein Körper nach
len möglichen Richtungen zurückwirft, desto heller erscheint er, aber er
iegelt noch nicht; je mehr Strahlen ein Körper unter gleicher Richtung
rückwirft, desto weniger sieht man ihn, desto besser sieht man andere Ge-
nstände in ihm abgebildet — solch ein Körper spiegelt.

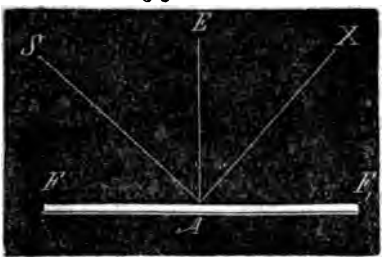
Das häufigste Zurückwerfen findet an den Grenzen zweier verschiedener
örper, wären sie auch beide ganz durchsichtig wie Wasser und Luft, wie
ft und Glas, statt. Wasser mit Luft in zahllosen kleinen Punkten (Bläs-
en, Perlchen) mit einander abwechselnd, nennt man Schaum, er sieht weiß
s. Schnee besteht aus äußerst zarten, durchsichtigen Wasserkrystallen,
allen Flächen der kleinen Nadeln reflectirt das Licht, Schnee in Massen
ein inniges Gemenge von Luft und Eis. Das nach allen beliebigen
ichtungen hin reflectirte Licht ist weiß. Glas zu feinem Pulver zerstoßen
hält dieselbe Eigenschaft wie der Schnee und sieht auch schneeweiß aus;
gegen kann man weißen Körpern ihre Farbe nehmen, wenn man sie, die
s heterogenen Theilen bestehen, homogen macht. Weißes Papier verliert
n so mehr seine Weiße, je besser es durchsichtig gemacht wird durch Oel.
ps, vollkommen klar und durchsichtig, ist gepulvert schneeweiß. Ueberall
r ist Reflex nach allen Richtungen.

Ein Spiegel wirft die Strahlen nur nach einer Richtung zurück,

natürlich nach jeder beliebigen, sonst ist er kein Spiegel, bei jedem einzelnen Fall aber stets nur nach einer Richtung, woraus denn die Sichtbarkeit eines fernen Gegenstandes im Spiegel hervorgeht. Man pflegt jedoch nicht diesen Ausdruck zu brauchen, sondern man sagt regelmäßig, also der Körper, welcher die auffallenden Strahlen regelmäßig zurückwirft, ist ein Spiegel.

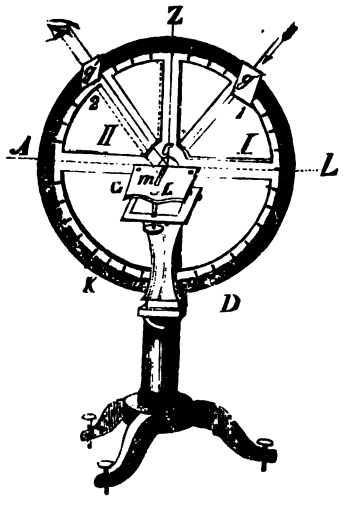
Die erste von allen hierauf Bezug habenden Regeln ist, daß ein Spiegel die Strahlen unter demselben Winkel zurückwirft, unter welchem sie auf ihn fallen. Wenn FF, ein spiegelnde Fläche ist, von S aber nach A ein Strahl auf dieselbe fällt, so ist der Winkel, unter welchem der Strahl AX vom Spiegel zurückkehrt, gerade so groß als derjenige, unter welchem er auf den Spiegel gefallen ist.

Fig 333.



Man könnte eben so sagen, der Winkel FAS wäre so groß wie der Winkel F,AX und dies wäre auch vollkommen richtig, da man jedoch nicht immer gerade Flächen hat, das Gesetz aber auch für Spiegel mit krummen Flächen gilt, so nimmt man ein- für allemal eine Linie an, welche unter allen Umständen gerade ist, man errichtet in dem Punkte A, auf welchen der Lichtstrahl trifft, ein Loth, ein Perpendikel AE, und sagt nun, der Winkel SAE ist gleich dem Winkel XAE, dies sagt ganz dasselbe wie das vorher besprochene, schließt die krummen Flächen ein und macht überflüssig von Tangenten und anderen mathematischen Linien zu sprechen.

Fig. 334.



Cauchoix hat ein Instrument angegeben, womit dieses bewiesen werden kann. Man sieht in AI einen getheilten Kreis, welcher auf einem Fuß gestell steht. In der Linie AI, welche im Durchmesser ist, liegt ein Spiegel L; von dem Mittelpunkt des Kreises C ist eine senkrechte Linie CL auf der Spiegelebene gezogen, welche die Axe des Kreises vorstellt. ZC ist eine auf den Mittelpunkt des Kreises gezogene Linie,

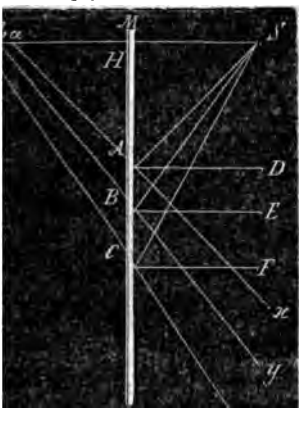
ein Radius des Kreises ist und senkrecht auf der Spiegelebene und
: Linie CL, der Axe des Kreises sein muß, wenn das Instrument
sein soll.

ie sämmtlichen hier bemerkten Theile des Instrumentes stehen fest,
rme $C1$ und $C2$ aber sind beweglich und reichen vom Mittelpunkte
r wirklichen Axe des Kreises bis zu dem getheilten Umkreis. An den
der Arme befinden sich Metalltäfelchen, welche kleine Oeffnungen mit
g' bezeichnet haben.

m das Instrument zu der Untersuchung zu brauchen, stellt man es
: es gegen die Sonne oder eine Kerzenflamme dergestalt gerichtet ist,
rch die Oeffnung g in der Richtung des Pfeiles ein Strahl auf die
platte L fällt und dieselbe genau in der Linie CL trifft. Nunmehr
bt man den andern beweglichen Arm 2, indem man hinter dem
: mit der Oeffnung g' das Auge hält, so lange, bis man das Spie-
des Lichtstrahles, der durch 1 nach C geht, auf der Linie CL

at man dieses erreicht, so stellt man den Arm in der gefundenen
ıg fest und liest nunmehr die Grade ab. Man wird finden, daß die
ıung von g nach Z genau dieselbe ist wie von g' nach Z, wodurch
ichheit des Einfallswinkels mit dem Zurückwerfungswinkel bewiesen ist.
s gilt dies natürlich nicht für einen Punkt, sondern für jeden be-
Punkt des Spiegels.

Fig. 335.

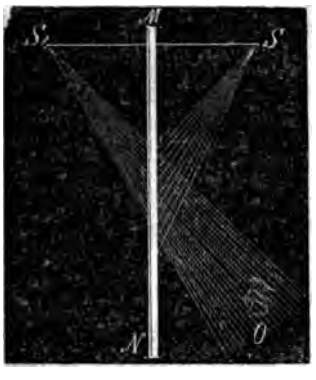


Es sei MN in der Fig. 335 ein Spiegel und H dessen reflectirende Fläche. Es sei S ein leuchtender Punkt, derselbe sende seine Strahlen nach dem Punkte A des Spiegels, auf diesem Punkt wird das Perpendikel errichtet und darin der Winkel bemerkt, welchen der zurückgeworfene Strahl Ax mit dem Perpendikel AD macht. Die Linie xA verlängert man, bis sie eine von S nach H senkrecht auf MN gezogene und darüber hinaus verlängerte Linie trifft.

Man verfährt mit den Linien SB und SC eben so, wodurch man die
ten und verlängerten Linien yBb und zCc erhält, welche bei den
icular auf MN gezogenen Linien EB und FC den Spiegel schneiden.

Wir sehen, daß dieselben die Verlängerung der Linie SH in den Punkten abc treffen. Es läßt sich nun durch einige höchst einfache geometrische Sätze von der Gleichheit der Wechsel- und Scheitelwinkel nachweisen, daß die hier gegebene Zeichnung falsch ist und daß die Durchschnittspunkte abc in einem Punkte der Linie SH zusammenfallen müssen, welcher hinter MN gerade so liegt wie S vor MN und daß also die um einige Linien vermehrte Zeichnung so aussehen müsse wie Fig. 336, woraus sich ergiebt, daß ein Planspiegel von jedem außerhalb seiner liegenden Punkte ein Bild liefert, welches so weit hinter dem Spiegel zu stehen scheint, als der Gegenstand vor dem Spiegel befindlich ist, daß also das Auge, welches in O befindlich und die von S ausgehenden, vom Spiegel reflectirten Strahlen empfängt, dieselben hinter den Spiegel MN nach S, versetzt.

Fig. 336.



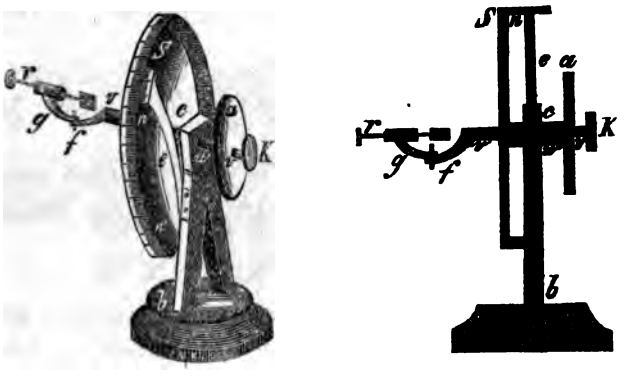
Es beruhen auf diesem einfachen Gesetz mehrere theils wichtige, theils spielende Anwendungen des Spiegels.

In früherer Zeit bediente man sich eines Kriegsfernrohres, das man Polemoscop nannte, es war ein Spiegel, welcher auf der Höhe der Festungsmauer angebracht, dem hinter derselben geschützten Beobachter Gelegenheit gab, die Stellung des Feindes zu erkennen. Damals rückten die Leute einander ziemlich nahe auf den Pelz, es war also gefährlich, den Kopf über die Mauer zu stecken, es konnte ihn ein Bolzen einer Armbrust erreichen („Philipps rechtem Aug' ist dieser Pfeil bestimmt"); jetzt wirft man einander 2 Centner schwere Bomben aus halbmeiligen Entfernungen zu, jetzt bedient man sich statt eines Polemoscops des gewöhnlichen Fernrohrs und das alte ist in das Theater gewandert, wo es benutzt wird, um unter dem Scheine aufmerksamer Betrachtung des Theaters die schöne Nachbarin zu beobachten. Das kleine einfache Theaterperspectiv hat vorn nur zum Schein ein Glas, dort, wo das Auge hineinsieht, ist nur eine Oeffnung; dieser gegenüber steht ein schräg gerichteter Planspiegel und die eine Seite des Rohres ist offen, so daß ein Auge, welches in dies Rohr sieht, wahrnehmen kann, was zur Seite geschieht. Man betrachtet also auf diese Weise, ohne daß es auffällt, ja ohne daß es bemerkt werden kann, denjenigen, der dicht neben dem Beobachter sitzt.

Man kann auch durch ein eichenes Brett sehen, wenn man vier Spiegel so zusammenstellt, daß die Strahlen von denselben um verschiedene Ecken

lauter rechten Winkeln reflectirt werden, man mißt aber auch auf ſolche iſe die Winkel der kleinſten Kryſtalle, durch das Goniometer, ein höchſt ptiges Inſtrument für die Lehre von der regelmäßigen Geſtaltung der ine; Fig. 337 zeigt daſſelbe, wie es von Wollaſton angegeben worden

Fig. 337.



Auf einem Ständer *bc* von Metall ſteht eine kreisförmige Scheibe *S*, ren Rand in Grade getheilt iſt und die einen Nonius *n* hat, um kleinere eile als Grade damit zu beobachten.

Durch die Axe der Scheibe geht eine horizontale Welle *vo*, die ſich ttelſt des Knopfes *a* in dem Geſtell drehen läßt, wodurch die Scheibe t ihrer Theilung an dem Zeiger und Nonius *n* vorbeigeführt wird.

Die Welle, wodurch der ganze Kreis bewegt wird, iſt durchbohrt und in läuft ein durch den Knopf *K* beweglicher Stift *vv*, an deſſen vor= em Ende ein gekrümmter Arm *vfg* befindlich. Das dickſte Stück dieſes nes iſt wieder durchbohrt bei *r* und der Stift, welcher bei *r* einen Knopf , dient dazu, den Kryſtall, deſſen Winkel man kennen lernen will, aufzu= men, er wird mit ein wenig Wachs an denſelben geklebt. Der Stift dreierlei Bewegungen, die eine directeſte, welche man ihm giebt, indem n den Knopf *r* dreht, wobei der ganze übrige Apparat in Ruhe bleibt, andere durch den Knopf *K*, wodurch der Arm *vfg* ſammt dem ifte *r* gedreht wird, endlich durch den Knopf *r*, welcher Stift, Arm und heibe *S* zugleich bewegt.

Nun ſtellt man den Apparat ſo, daß ſeine hohe Kante gegen irgend e gut ſichtbare Marke, eine Sproſſe im Fenſter oder Aehnliches gerichtet und giebt durch den Knopf *r* oder *K* ihm eine ſolche Stellung, daß eine nkelkante genau mit der Axe des ganzen Apparats zuſammenfällt, alsdann ht man *K* ſo lange, bis eine an die Winkelkante ſtoßende Fläche die

Sprosse des Fensters spiegelt und giebt dann durch den Knopf *a* der Kreistheilung eine solche Stellung, daß, während die gedachte Fläche des Krystalls die Fensterleiste spiegelt, die Theilung des Kreises auf 0 Grad steht.

Hat man dies gethan, so dreht man nunmehr Scheibe und Axe gemeinschaftlich, bis der Krystall, der sich um die Winkelkante dreht, mit seiner zweiten, an diese grenzenden Fläche dieselbe Fenstersprosse in derselben Art spiegelt, wie vorher die erste Fläche that.

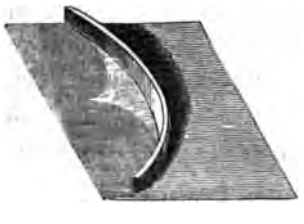
Jetzt zählt man die zurückgelegten Grade an der Scheibe und dasjenige, was an 180 Grad fehlt, ist der Winkel, den die beiden Flächen des Krystalls mit einander machen.

Durch dieses treffliche Instrument, in dessen Gebrauch man sich bald einübt, ist es gelungen, der Krystallographie ihre jetzige Bedeutung und Schärfe zu geben.

Eben so ist der Spiegel für die Beobachtung zur See, also für Sonnenhöhe, Polhöhe, für die Orientirung auf dem pfadlosen Meere durch den Spiegelsextanten von der größten Wichtigkeit geworden. Nicht minder hat der Spiegel Anwendung beim Signalisiren, bei Landesvermessungen gefunden; sonst baute man große Gerüste und behing sie mit Fahnen oder man machte Signalfeuer, jetzt verabredet man bestimmte Bergpunkte oder Thurmspitzen zu Zielen der Beobachtung, und während der Eine hier nach dem Berge sieht, wirft der Andere von einem anderen Berge aus mittelst eines Spiegels das Sonnenbild in das Fernrohr, ohne daß daraus Umstände, Kosten ꝛc. entstehen, sobald der Beobachter seinen Ort verlassen hat, ist auch die Spur desselben verschwunden.

Eine noch viel mannigfaltigere Anwendung finden die Spiegel mit gekrümmten Flächen. Sie wirken zwar nach denselben Gesetzen, doch ist es nöthig, sich Eines und das Andere besonders klar zu machen.

Fig. 338.



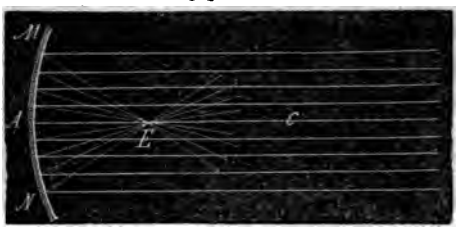
Wenn man eine breite Uhrfeder halbkreisförmig krümmt, wie die Fig. 338 zeigt, und auf einem Brett befestigt, so erhält man einen zwar durchaus nicht vollkommenen, doch für den Zweck, den wir im Auge haben, ausreichenden Spiegel mit einer gekrümmten Fläche.

Stellt man diesen einem leuchtenden Gegenstande gegenüber, so wirft er auf das Brett, worauf er befestigt, einen Schein, den die Fig. 338 zeigt. Die von den beiden gekrümmten Ausschnitten begrenzte helle Linie heißt die katakaustische, die Spiegelbrennlinie. In ihr fallen die Strahlen, welche von der krummen Spiegelfläche zurück-

orfen werden, zuſammen. Wenn man aus einem Hohlſpiegel einen nalen Streifen herausſchneidet und ihn allein betrachtet, ſo würde man Strahlen durch Zurückwerfung auf ſolche Weiſe geordnet finden.

Man ſpricht bei Brennſpiegeln und Brenngläſern immer von einem ennpunkt und ſtellt ſich die Sache ſo vor, daß die Strahlen, welche allel auf den Spiegel MAN fallen (Fig. 339), alle nach demſelben

Fig. 339.



nkt E zurückgeworfen werden, welcher in der Mitte zwiſchen dem Punkte c d dem Spiegel liegt. Dieſer Punkt c iſt aber der Mittelpunkt der Kugel, n welcher der Spiegel MN ein Stückchen Oberfläche iſt. Wenn die rahlen parallel auffallen, ſo ſollten ſie nach dem oben betrachteten Geſetz rklich unter demſelben Winkel zurückgeworfen werden, unter welchem ſie f die Spiegelfläche fallen. Einie Linie cM wäre für die oberſte Linie r Perpendikel, welcher auf den Berührungspunkt gezogen werden müßte, nn wäre der Winkel, welchen die oberſte parallele Linie mit cM macht, d der Winkel, den Mc mit ME macht, vollkommen gleich.

In der That aber finden hier wegen der Krümmung ſolche Abweiungen ſtatt, daß dies nicht in aller mathematiſchen Schärfe wahr iſt und rum vereinigen ſich nicht alle Strahlen in dem Brennpunkt, ſondern die ache ſtellt ſich wie folgt.

Hohlſpiegel.

Nehmen wir an, die gekrümmte Linie Gf ꝛc. (Fig. 340, S. 512) ein kugelförmig geſchliffener Hohlſpiegel, A ſei ein in beliebig weiter Entnung liegender leuchtender Punkt, von welchem Strahlen AB, AD ꝛc. f den Spiegel fallen. c iſt der Mittelpunkt der Kugel.

Die reflectirten Strahlen kreuzen ſich nun. AB, auf den Mittelpunkt s Spiegels ſenkrecht fallend, muß wieder ſenkrecht zurückkehren, der einlende Strahl macht mit der Spiegelfläche einen rechten Winkel, der zukgeworfene muß eben ſolchen Winkel machen, alſo muß er in ſich ſelbſt rückkehren.

Die beiden nächsten Strahlen AD und Ad durchschneiden sich i der Rückkehr in dem mit 1 bezeichneten Punkte. Die beiden folgen

Fig. 340.

Strahlen AE und Ae schneiden sich bei 2, die folgenden schneiden immer näher am Spiegel und machen mit den früher zurückgeworfen Str len bei 3, 4, 5, 6 und 7 Durchschnitte.

Würde man noch mehr Linien gezogen haben (was nicht geschehen um die Figur nicht undeutlich zu machen), so würde man statt der And tung einer krummen Linie, in welche die Durchschnittspunkte der zurück worfenen Strahlen fallen, diejenige Linie erkennen, welche wir oben gez und welche wir die katakaustische genannt haben.

Dieser Umstand ist ein großes Hinderniß für die Benutzung der krümmten Spiegelflächen. Man sieht ein, wie Ungeheures geleistet wer müßte, wenn die parallel auffallenden Sonnenstrahlen auf einen Pu zusammenkämen, wenn z. B. der Spiegel 4 bis 5 Quadratfuß Oberfl hätte; man sieht eben so gut ein, wie sehr sich dies auf einen gerin Antheil reducirt, wenn man an den Brennraum, die katakaustische L oder Fläche denkt.

Aus dem vorhin Gesagten ergiebt sich, daß, wenn von einem reflec ten Gegenstande parallele Strahlen auf einen Hohlspiegel fallen, diesel sich im Brennraum vereinigen und dort ein verkleinertes Bild des Geg standes geben, umgekehrt ergiebt sich, daß, wenn in diesem Brennraum leuchtender Gegenstand befindlich, seine divergirenden Strahlen auf Spiegel fallend, parallel zurückgeworfen werden. Dieses macht den H spiegel werthvoll für die Beleuchtung ferner Gegenstände, man hat densel schon angewendet, um ein Ziel zu erhalten, welches man in der Nacht schießen will, man bedient sich aber vorzüglich der Hohlspiegel auf Leu thürmen, indem man in den Focus, in den Brennraum eine sehr

htende Flamme oder einen in Knallgas glühenden Kalkkegel bringt und durch im Stande ist, den Horizont der See von dem Leuchtthurme aus 7 und mehr Meilen weit im Umkreise zu beleuchten. Weil die kugelnige Gestalt aber den Anforderungen nicht vollständig entspricht, so wählt n zu diesem Behufe gewöhnlich Spiegel von paraboliſcher Form, d. h. einer Form, welche man erhält, wenn man die mathematiſche Linie, man eine Parabel nennt, um ihre Axe dreht. Man kann ſich dies unihr ſo denken: ein Kreis aufrechtſtehend um ſeine Axe gedreht, giebt eine el; würde ein Halbkreis mit der Oeffnung nach oben um eine ſenkrechte gedreht, ſo gäbe dies eine Halbkugel; ähnlich iſt es mit der Parabel, einer nen, mehr als eine halbkreisförmigen, aber doch eigentlich nicht in gerade, dern immer in gekrümmte Linien oder Schenkel auslaufenden Linie, alſo, um ihre Axe gedreht, einen Keſſel mit beinahe kugelförmigem den giebt. Sind ſolche paraboliſche Keſſel gut geformt, ſo iſt ihre Leuchtkung außerordentlich.

Es giebt bei den Hohlſpiegeln noch einige Stellungen, welche wir nicht achtet haben. Parallel auffallende Strahlen vereinigen ſich im Brennkte; iſt der ſtrahlengebende Körper aber nicht ſo weit entfernt, daß man Divergenz der von ihm ausgehenden Strahlen vernachläſſigen, daß man nicht mehr als parallel betrachten kann, ſo fällt das Bild davon auch st in den Brennpunkt, ſondern mehr nach dem Mittelpunkte der Kugel aus welchem der Spiegel geſchnitten iſt.

Dies findet immer mehr ſtatt, je näher der leuchtende Punkt dem iegel kommt, langt er endlich bei dem Mittelpunkt der Kugel ſelbſt an in Fig. 339 oder 340), ſo fallen alle Strahlen ſenkrecht auf die Kugelhe, denn jeder iſt ein Radius derſelben, alle kehren alſo in ſich ſelbſt ück, ein Auge in dieſem Punkte ſieht ſich ſelbſt ſo groß wie der Spiegel auf den es fällt, weil die von ihm ausgehenden Strahlen den ganzen iegel füllen.

Bevor der Unterſuchende zu dieſem Punkte gelangt, ſieht er ſein Bild as verkleinert und umgekehrt in dem Spiegel, ſchreitet er über den Punkt aus dem Spiegel zu, ſo ſieht er wieder ſein Bild, aber vergrößert und recht hinter dem Spiegel. Je größer das Kugelſegment iſt, welches den iegel bildet (d. h. je kleiner die Kugel, der es angehört), deſto bedeutender die Vergrößerung.

Eine eigenthümliche Erſcheinung gewährt das aus dem Spiegel herausende verkehrte Bild, es iſt in Zeiten des Aberglaubens wohl häufig zu erſchreckendſten Geſpenſter-Erſcheinungen gebraucht worden. Von den en zuletzt betrachteten Fällen iſt es der erſte, wo der Gegenſtand noch

so weit von dem Spiegel entfernt ist, daß er nicht den Mittelpunkt, um welchem der Spiegel geschnitten ist, erreicht. Dann ist das Bild verkleinert und umgekehrt, macht aber dadurch einen wunderbaren Eindruck, daß es mit der Annäherung des Objectes an den Spiegel diesem entgegen zu kommen scheint. Je größer dabei der Spiegel und je länger seine Focalweite ist, desto auffallender wird die Erscheinung. Der Verfasser besitzt einen Spiegel von 1½ Fuß Durchmesser, welcher aus einer Kugel von 9 Fuß Radius geschnitten ist. (Also von 18 Fuß Durchmesser; eine Kugel, welche in keinem unserer Zimmer Platz haben, sondern schon einen Saal fordern würde und zwar einen Saal von solcher Höhe, wie ihn Privathäuser auch nicht haben.) Nähert man sich diesem Spiegel aus einer Entfernung von etwa 7 Ellen mit ausgestreckter Hand, so sieht man die Hand aus der Tiefe des Spiegels herauslangen, und so wie man sich dem Spiegel nähert, ragt sie immer weiter daraus hervor. Hält man in der Hand eine offene Dose, eine Schale ohne Deckel, so kommt die Hand mit der Schale umgekehrt, als ob sie dieselbe wie einen Deckel auf die offene Dose decken wollte.

Verdeckt man den Gegenstand durch einen Schirm, so sieht man nur das verkehrte Bild und wird dergestalt getäuscht, daß man es für ein wirkliches hält. Stellt man z. B. ein Blumenbouquet in eine Vase, welche dasselbe zu halten vermag und befestigt man beides verkehrt vor den Spiegel in der richtigen Entfernung, aber so, daß der Zuschauer nichts davon gewahr wird, also etwa in einen schwarz ausgeschlagenen oder angestrichenen Kasten, so erscheint demjenigen, der vor dem Spiegel steht, die Vase mit dem Bouquet aufrecht und so natürlich frei dastehend, daß man, unbekannt mit der Veranstaltung, gewiß danach greift.

Diejenigen, welche aus dem Zeigen physikalischer Kunststücke ein Gewerbe machen, bedienen sich des Hohlspiegels, um das Bild auf eine durchscheinende Fläche, z. B. auf geöltes Papier fallen zu lassen, im Spiegel kann es nur Einer sehen; auf Papier wird dasselbe der ganzen Zuschauermenge zugleich sichtbar und da man lebende Gegenstände zu Objecten dieses Experiments anwenden kann, so ist hieraus allein zu ermessen, zu welchen Täuschungen (um nicht zu sagen Betrügereien) es Anlaß gegeben haben mag. Das Bild wird vollkommen plastisch, es tritt mit Schatten und Licht in solcher Gestalt hervor wie eine Photographie, nur mit dem vortheilhaften Unterschiede, daß es auch alle Farben des darzustellenden Gegenstandes in ihrer vollsten Pracht giebt.

Sollen lebende, sich bewegende Personen dargestellt werden, so unterliegt dies allerdings einer eigenthümlichen Schwierigkeit. Verkehrt wird

ihr Bild nicht haben wollen, nun so muß man die Personen verkehrt
n, auf den Kopf stellen, wie man zu sagen pflegt, wiewohl der Aus-
unrichtig ist, da die Person nicht auf dem Kopf stehen darf, sondern
den Füßen nach oben gekehrt in der Luft schweben soll. Wer hält dies
als etwa ein Seiltänzer? Zudem werden die Kleider, so weit sie locker,
befestigt sind, des umgekehrten Weges fallen, was sehr unangenehm
könnte, man muß dies daher ganz unterlassen und wählt dazu stumme
onen, nämlich Wachsfiguren, die man, ohne daß sie Kopfschmerzen be-
nen, nach Belieben stellen kann und beschränkt sich, wenn etwas Leben-
s gezeigt werden soll, auf das Gesicht ganz allein.

Derjenige, dessen Bild gezeigt werden soll, legt sich auf einen Tisch,
aß sein Kopf frei darüber hinausragt, im Augenblick, wo die Vorstellung
dem Publikum beginnen soll, senkt er seinen Kopf so nieder, daß er
lichst weit unter die Tischplatte hinabhängt, das Gesicht dem Spiegel
kehrt; dieser wirft nun das aufrecht gewendete Gesicht auf den durch-
nenden Schirm. Damit das Gezwungene in der Stellung und der
nde Hals ꝛc. nicht bemerkt werde, ist dies durch eine künstliche, wie ge-
nlich bekleidete Brust ersetzt, die dem niederhängenden Kopf in der
end des Halses angefügt, irgendwie befestigt ist, natürlich auch ver-
, nämlich mit dem Halstheile nach unten und dem Bruststück nach oben.

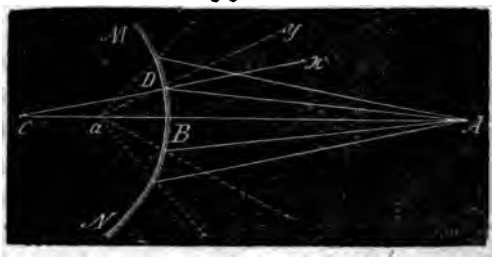
Der Verfasser hat dergleichen vor mehreren Jahren gesehen und war
unt über die Wirkung, welche der lebende Kopf eines schönen, jungen
chens, einer alten Frau und eines fratzenschneidenden alten Mannes
te. Die Zuschauer waren ganz außer sich. Wäre es möglich, auf solche
einen ganzen lebenden Menschen in die richtige, d. h. verkehrte Lage zu
gen und so sein aufrechtes, sich bewegendes Abbild zu zeigen, wie z. B.
m reichen Erblasser, wenn er nach Mitternacht aus dem ersten Schlafe
acht, er würde sofort sein Testament machen. Daß man im Mittelalter
leichen Veranstaltungen gekannt und angewendet, dürfte wohl keinem
ifel unterliegen, wenn man von den vielen Geistererscheinungen liest,
he ehrliche und (so weit damals möglich) vorurtheilsfreie Leute gehabt,
könnte höchstens einwenden, dies sei gar nicht nöthig gewesen, damals
en sich die Leute auf plumpere Weise betrügen lassen.

Conversspiegel.

Dem Hohlspiegel steht der erhabene oder Conversspiegel gegenüber, auch
Stück einer Kugelfläche, aber nicht ein inwendiges, sondern ein aus-
biges.

Stellen wir uns unter MN einen Convexspiegel vor, so kann uns durch die darauf fallenden Linien den ganzen Vorgang deutlich m

Fig. 341.



B ist die Vorderfläche des Spiegels. Es fallen aus A die Strahlen AD u. s. w. darauf, und man hat die senkrechten Linien aufzusuchen welchen die Reflexion zu bestimmen ist. C ist der Mittelpunkt der zu welcher der Spiegel gehörte. CB, CD sind also die senkrechten denn es sind Radien der Kugel und jeder Radius einer Kugel oder Kreises steht senkrecht auf der Peripherie.

Verlängert man den Radius CB, so kommt er nach A, d. h. e der reflectirte mit dem auffallenden Strahle zusammen; CD verlängert ge x, der Winkel ADx ist also derjenige, unter welchem der Strahl A das Glas fällt, unter welchem er auch wieder zurückgeworfen werden dies ist der Winkel xDy.

Der verlängerte Strahl Dy trifft hinter dem Spiegel mit BC zusammen, dasselbe geschieht mit den anderen reflectirten Strahlen, durch punktirte Linien angedeutet sind. Dort, wo alle diese Linien schneiden, in dem Punkte a, ist der Ort des Bildes, welches ver und aufrecht hinter dem Spiegel steht.

Es ist gegenwärtig allgemein Mode, in Gärten an einem freien auf einem einzeln stehenden Pfahl blanke Glaskugeln anzubringen, in man theils das verkleinerte Landschaftsbild, theils sein eigenes und d gegenwärtigen Personen erblickt. Die Kugeln sind entweder von s weißen Glase, inwendig vollkommen mit spiegelndem Metall belegt kosten dann 2 bis 3 Thaler, oder sie sind auf einfachere Weise con indem man einen schönen Schwefelsäureballon inwendig mit Steinkohl ausgießt, welcher auch bei einem nur ganz dünnen Anstrich eine vollk undurchsichtige, schwarze, und an dem Glase haftend eine spiegelnde bildet.

Diese Kugeln geben im Großen ein getreues Abbild dessen, wa gewöhnlich in kleineren Abschnitten solcher Kugelflächen mühsam suchen

Zeichnung Fig. 342 giebt davon eine Anschauung. Das Auge sieht dem hinter ihm befindlichen Gegenstande eine Büste, ein verkleinertes

Fig. 342.

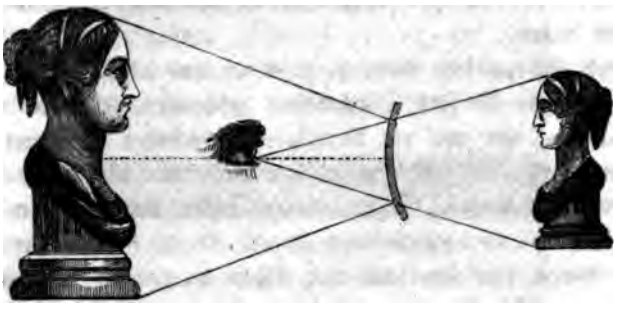


bild hinter dem Spiegel. Hierbei kommt es natürlich auf die Krümmung s Spiegels an, je größer diese ist, d. h. je kleiner die Kugel, zu der der piegel gehört (dessen Ausdehnung selbst gleichgültig ist), desto kleiner ist ch das Bild. Ferner wird es auch verkleinert durch Entfernung des genstandes von dem Spiegel, je weiter es absteht, desto mehr fallen die rchschnitte der reflectirten Strahlen nach dem Mittelpunkte der Kugel hin d desto geringer wird die Ausdehnung des Bildes.

Dieser große Einfluß der Entfernung macht auch das Bild verzerrt. enn man gegen einen solchen Convexspiegel den Arm ausstreckt, so glaubt n eine Gigantenfaust an einem Kinderärmchen zu sehen, mit jedem Zoll rd der ausgestreckte Theil schmäler und kleiner in allen seinen Dimen=nen; in allen, denn er verkürzt sich eben so gut wie er an Dicke und he abnimmt.

Es bedarf gar nicht solcher Entfernungsunterschiede, wie der ausge=ckte Arm sie bietet. Der Professor Turte pflegte in seinen Vorträgen en Spiegel vorzuzeigen, welcher neun verkleinerte Bilder gab (in eine astafel eingeschliffene Höhlungen mit dem Amalgam wie gewöhnlich aus=llt) und dabei allemal zu sagen: „das ist ein Spiegel für Damen, da en sie sich neunmal und immer sehr schön, was können sie mehr wünschen, ihr entzückendes Bild sich neunmal anlächeln zu sehen."

Es gab natürlich dieser glänzende Witz jederzeit ein schallendes Ge=hter, denn die Jugend ist leicht amüsirt, allein wenn ein Einziger der hörer sein Bild in solchem Spiegel betrachtet hätte, er hätte über diesen inzenden Witz gewiß nicht gelacht, denn das Bild ist nicht schön, sondern hr entstellt. Die geringen Unterschiede, welche am Spiegelbild zwischen r Entfernung der Nasenspitze und der Nasenwurzel, zwischen der Fläche des

Gesichts und der Ohren, den Seiten überhaupt stattfindet, ist ge
das Gesicht ganz zu entstellen. Die Backen treten unbescheiden
Seitenflächen ziehen sich auffallend schmal zurück und die Nase tri
pertinent auf, als wäre ihre Spitze eine Kartätschenkugel. Dies n
mand schön finden.

Ist der Spiegel sehr flach, d. h. ist er aus einer sehr gro
(vielleicht von 18—20 Fuß Durchmesser) geschnitten, so ist die E
nicht auffallend, aber mit der Verringerung derselben verringert
die Verkleinerung, also das Einzige, was möglicher Weise eine V
rung herbeiführen könnte. Solche Spiegel haben übrigens einen
Zweck, man nennt sie Landschaftsspiegel und benutzt sie, um das
Landschaft etwas verkleinert auf eine Fläche zu bringen, von we
das Abzeichnen viel leichter ist als von dem natürlichen Gegen
natürlicher Größe; es ist aber auch hier von Wichtigkeit, daß
immer eintretende Verzerrung des Bildes berücksichtige, also nur
an dem Bilde, die Mitte aufnimmt und den Spiegel so flach wi
wählt. Wenn er mit einer Schale geschliffen wird, die ein conve
von 20 Fuß Focus geben würde, dann wäre er erst recht gut
Behuf, die auf den Rand fallenden Strahlen, welche gerade Lini
gebogen darstellen, würden dadurch weniger störend, ihre Krümm
niger auffallend, das aus der Mitte des Glases vollkommen
Bild wird größer.

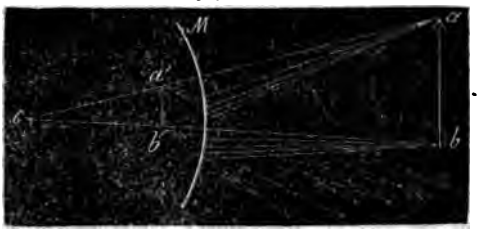
Eine sehr einfache Art, sich einen solchen Verkleinerungsspieg
schaffen, ist diese: ein Glas, wie es die Besitzer sogenannter
(d. h. großer Guckkasten) gebrauchen, um die illuminirten Kupferstic
sie für große Originalgemälde ausgeben, dadurch beschauen zu
solches Glas, welches gewöhnlich von sehr großem Focus ist, wird
Seite mit schwarzem Siegellack, in Weingeist aufgelöst, bestriche
wird merkwürdigerweise nicht die hintere Fläche des Glases, s
vordere spiegelnd. Wäre der Ueberzug nicht schwarz, sondern
glänzend, wie die Spiegel gewöhnlich sind, so würden die auffalle
strahlen von der Hinterfläche reflectirt werden; mit dem schwarze
geschieht dies nicht, es absorbirt die durch das Glas bis auf d
fläche dringenden Strahlen vollständig und läßt nur diejenigen zu
welche auf die Vorderfläche kommen und nicht in das Glas
sondern von dessen Oberfläche zurückkehren. Dieser Strahlen sind
wenige und daher ist das Bild in solchem schwarzen Spiegel nich
jedoch scharf und deutlich und zu dem gedachten Gebrauch vortre

Die Gesetze, welche wir hier betrachtet, gelten übrigens n

geraden, sondern auch für die schrägen, auf den Spiegel fallenden , so wie es auch nicht nöthig ist, gerade hineinzusehen, denn in Falle würde man ja nur immer sein eigenes liebes Ich sehen, sie gelten auch für die schräg auffallenden Strahlen und die Stellung des Auges.

nn in der Fig. 343 *M* den erhabenen Spiegel bedeutet, *ab* aber in Gegenstand ist, den das Auge von der Seite her im Spiegel

Fig. 343.

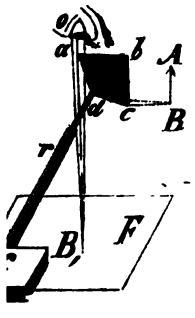


erscheint das Bild hinter dem Spiegel so, als ob es zwischen dem nkt der Krümmung *c* und der Spiegelfläche läge, in *a'b'* und zwar s Auge links ist und der Gegenstand rechts, so erscheint das Bild on der Mitte des Spiegels, wenn das Auge unten ist und der nd oben, so erscheint sein Bild hinter dem Spiegel gleichfalls oben, Hinsicht also von dem ebenen Spiegel nicht verschieden.

Anwendung der verschiedenen Spiegel.

iges über die Anwendung des Planspiegels ist bereits gesagt wor- h läßt sich durch Zusammenstellung mehrerer Außerordentliches be- nd auch einer allein findet mannigfaltige Anwendung, so z. B. in der

Fig. 344.



Camera obscura, der Camera clara, von welchem wir jedoch erst nach Erörterung der Brechung sprechen können, anders ist es mit der von Wollaston erfundenen Camera lucida, welche ein reines Spiegelinstrument ist.

Ein vierseitiges Prisma von dem Durchschnitt, welchen *abcd* der Fig. 344 angiebt, wird durch irgend eine Vorrichtung mit dem Rohre *r*, welches einen Auszug hat wie ein Taschenfernrohr, verbunden, an einem Metallklotz *f* oder an einer Schraubenzwinge

befeſtigt, mittelſt deren man es auf einen Tiſch ſtellen oder daran aufſchrauben kann.

Das Prisma, welches einen rechten und einen ſtumpfen Winkel hat, wird ſo geſtellt, daß es eine ſeiner ſenkrechten Seiten dem Gegenſtande, den man betrachten will (AB, hier ſehr nahe, aber die Entfernung thut nichts zur Sache) zuwendet, indeß die andere der beiden ſenkrecht auf einander ſtehenden Seiten ab aufwärts gegen das Auge o gerichtet iſt.

Die von dem Gegenſtande AB durch die Vorderfläche hindurchgehenden Strahlen werden geſetzmäßig im Innern reflectirt, wir wollen, da uns die anderen Strahlen nichts angehen, nur diejenigen betrachten, wegen deren das Inſtrument gerade ſo geſtaltet iſt. Es ſind die Strahlen, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes AB, alſo auch von B allein, auf die eine der beiden unteren Flächen cd fallen. Vermöge der ſchrägen Stellung dieſer Fläche wirft ſie die von AB empfangenen Strahlen auf die benachbarte Fläche da und dieſe ſendet ſie weiter; da ſie aber auf die Fläche ab in ganz ſenkrechter Richtung kommen, ſo werden ſie von dieſer nicht reflectirt, ſondern ſie gehen hindurch und gelangen in das Auge.

Nach der Richtung der Strahlen, die von unten nach oben gehen, verſetzt der Geiſt das Bild von oben nach unten. Das Auge iſt ſich der zweimaligen Umlenkung des Bildes nicht bewußt, es empfängt die Strahlen, als ob ſie von B nach a gingen und in dieſer Richtung ſieht nunmehr das Auge das Bild des Gegenſtandes.

Da aber das Bild ganz dicht an die Kante a fällt und das Auge nicht ganz über der Fläche ab zu liegen braucht, um das Bild zu ſehen, ſo können auch noch Strahlen von der Fläche zu dem Auge gelangen, welche wirklichen Gegenſtänden auf dieſer Fläche angehören, z. B. einer zeichnenden Hand und einem Bleiſtift, und ſo geſtattet die ſchöne Einrichtung dieſes höchſt einfachen Inſtruments dem Auge, das Bild auf der Fläche durch den Spiegel ad zu ſehen, zugleich aber die Spitze der Zeichenfeder, mit welcher man dem Bilde nachfährt und man erhält nach einiger Uebung ein Bild, welches ſo ſchön und ſo getreu iſt, als wäre es durch Gelatinepapier einem untergelegten Kupferſtich nachgezeichnet.

Das Kaleidoſkop.

Zwei Spiegel, in einem Winkel zuſammengeſtellt, vervielfältigen den Gegenſtand ſo oft als der Winkel in 360 Grad enthalten iſt. Eine ebene Fläche, d. h. ein Winkel von 180 Grad iſt in 360 Grad zweimal enthalten,

so wird das Bild verdoppelt (der Gegenstand und sein Bild sind zwei). Es stehen die Spiegel in einem rechten Winkel auf einander, ein rechter Winkel hat 90 Grad, diese sind in 360 viermal enthalten, so bekommt man von einem Gegenstande, der zwischen zwei im rechten Winkel liegenden Spiegeln befindlich ist, vier Ansichten. Bei einem Winkel von 60 Grad erhält man sechs, bei einem Winkel von 45 Grad erhält man acht Ansichten.

Bringt man unter einem Winkel, dessen Gradzahl in 360 aufgeht, zwei Spiegel in einem Rohr, das sonst kein Licht zuläßt, zusammen, so erscheint jeder durch das Rohr gesehene Gegenstand so viel mal, als die Gradzahl des Winkels, den beide Spiegel einschließen, in 360 Grad enthalten ist. Eine Rose bildet einen Kranz von 16 Rosen, wenn der Winkel 22½ Grad ist.

Diese Vorrichtung mit Gegenständen versehen, deren Lage gegen einander wechselt, die also Gelegenheit zu sehr vielen solchen verschiedenen Bildern geben, nennt man ein Kaleidoskop und hat sich davon für Musterzeichner viel Vortheil versprochen, weil sich daraus Ideen ergeben, es ist doch in der Regel nur als Spielerei angewendet worden.

Begreiflich lassen sich unendlich viele Combinationen von Spiegeln machen, so z. B. kann man deren so zusammenstellen, daß der Hineinsehende sich selbst im Profil sieht, natürlich steht der vor dem Beschauer stehende Spiegel schräg (doch so, daß es nicht auffallend ist), er wirft also das Bild dessen, der hineinsieht, gar nicht zurück, dagegen empfängt dieser Spiegel das Bild von einem anderen, der zur Seite des Beschauers liegt, wodurch also die Profilansicht in das Auge des Beschauers gelangt. Eben so kann man Jemandes Gestalt ungebührlich verlängern oder verkürzen, wenn man zwei Spiegel zu einem vereinigt, so daß die Stücke sich entweder zu einander oder aus einander neigen, nicht einer in der Fortsetzung des andern liegt.

Auf solche Art kann ein geschickter Optiker mancherlei überraschende Anordnungen treffen und in den Häusern reicher Leute findet man nicht selten sogenannte Spiegelcabinette, die nur auf solche katoptrische Täuschungen eingerichtet, aber etwas theuer sind, da sie sehr große Spiegelgläser vermögen.

Ohne ein Spiegelcabinet zu besitzen, wird man nicht selten durch ganz einfache Spiegel überrascht, weil sie Verzerrungen geben, welche sie eigentlich für den Hausgebrauch ganz untauglich machen, sie haben Krümmungen und Winkel statt einer geraden Fläche, machen buckelig oder windschief, der Davorstehende hat eine Schulter höher als die andere, er hat ein breiteres, ein längeres oder ein verzogenes Gesicht, lauter Fehler, die in dem schlechten Schliff des Glases liegen und bei einem guten Spiegel gar nicht vorkommen

dürfen, allein darin ihren Grund haben, daß Alles wohlfeil sein soll. Die Frau Schustermeisterin, seit sie Frau Stadträthin geworden ist, kann ohne einen Trümeaux und einen Querspiegel aus einem Stück mit vergoldetem Rahmen nicht bestehen, was würde denn die Frau Schornsteinfegermeisterin, — deren Mann nicht einmal Stadtrath ist und die doch schon beides hat — was würde sie sagen, wenn die Frau Stadträthin dergleichen nicht hätte? Nun soll aber der Sophaspiegel nicht mehr als sieben und der andere nicht mehr als zehn Thaler kosten und das wird dem armen Mann schwer genug, da müssen die Kunden schon mit viel schlechterem Leder vorlieb nehmen. Solche Spiegel giebt es nun auch, das Glas heißt Judenmaß und ist dasjenige schlechte, meist bläuliche Glas, welches nicht nach Zollen angegeben wird, sondern eine bestimmte Größe hat, die sich in halbes, viertel, zehntel ꝛc. Judenmaß vertheilt, es giebt auch doppeltes u. s. w.

Dieses Glas ist nicht gegossen, sondern gleich dem Fensterglas geblasen und hat daher nie eine vollkommen ebene Fläche. Dergleichen kauft die Frau Stadträthin und sieht nicht sehr darauf, ob ihr die Haube schief sitzt, und ihr Mann erst recht nicht, denn der weiß, daß dies eigentlich immer der Fall.

Auch wenn die Fehler nicht so auffallend sind, ist es doch unangenehm, einen so schlechten Spiegel zu haben und man kann sich vor dem Ankauf eines solchen hüten, wenn man ihn nicht dadurch prüft, daß man sich vor ihn hinstellt und sein Gesicht bewundert, sondern dadurch, daß man von der Seite her einen möglichst fernen, geradlinig begrenzten Gegenstand darin betrachtet, behält derselbe seine geraden Linien und seinen rechten Winkel bei, werden die letzteren nicht spitz oder stumpf, die Linien nicht krumm, so ist der Spiegel gut und eben, es handelt sich jetzt nur noch um die Farbe des Glases, die man erkennt, wenn man einen weißen Bogen Papier dadurch betrachtet, er wird übrigens nur selten weiß, sondern immer bläulich, grünlich, gelblich, auch wohl röthlich erscheinen. Man hat nun nach seinem Geschmack zu wählen.

Das Schönste, was man erhalten kann, sind freilich Metallspiegel, allein sie können nicht in größeren Flächen geliefert werden und sind, wo dies zu optischen Zwecken geschieht, fabelhaft theuer. Das Alterthum kannte allerdings keine anderen als Metallspiegel, allein sie waren darum auch immer nur im Besitz der reichsten Leute und waren dann doch nicht größer als unsere gewöhnlichen Handspiegel, wie ein Oval aus der Fläche dieses aufgeschlagenen Buches geschnitten und mit einem Stiel oder Griff versehen. Das astronomische Zeichen der Venus ♀ ist ein solcher antiker Metallspiegel. Wir haben es allerdings in der Kunst, Spiegel zu schleifen (und zwar viel

vollkommener als man im Alterthum gekonnt hat) sehr viel weiter gebracht als die alten Griechen und Römer, solche Hohlspiegel, wie die zu Herschel's und zu Roß' Spiegelteleskopen erforderlich, von 5 und 7 engl. Fuß Durchmesser, haben sie nicht aufzuweisen, allein es handelt sich bei dergleichen auch immer um 100,000 und 150,000 Thaler für einen und das — werden meine Leser mir zugestehen — wäre Luxus.

Unsere Spiegel sind übrigens eigentlich Metallspiegel, denn nicht das Glas ist das bei denselben wirksame, sondern das Queckſilber-Amalgam, welches daraufgetragen ist, allein man hat vollkommen Recht, sie Glasspiegel zu nennen, das Amalgam hat nämlich nur die Politur des Glases, nach der Feinheit desselben richtet sich der Glanz des Spiegels; ferner kann das Metall gar nicht ohne das Glas bestehen, auf welchem es liegt, es ist nämlich eine dünne Zinnfolie, welche an dem Glase durch Queckſilber haftet. Das Metallblatt wird auf eine ebene Steintafel, welche vollkommen gerade steht, eben und faltenlos aufgelegt, wird dabei gestrichen und geputzt, so daß alle Staub- und Fettflecke fortgehen, dann wird Queckſilber darauf gegossen, so daß dies auf der ganzen Tafel beinahe $\frac{1}{8}$ Zoll hoch steht. Auf diese blanke Queckſilberfläche wird die gereinigte Glastafel nicht gelegt, das würde Tausende von Luftblasen geben, sondern geschoben von der äußersten Kante her über die ganze Fläche hin.

Wenn dies vollständig gelungen (wo nicht, so muß man die Tafel abziehen und nach dem Reinigen der Oberfläche den Versuch noch einmal machen), so neigt man durch eine Schraubenvorrichtung die Marmortafel ein wenig; hierdurch fließt das Queckſilber zwischen der Glas- und Staniolfafel ab und die letztere haftet nun durch Adhäsion an der ersteren, das vermittelnde Queckſilber giebt aber den Glanz her, welchen das gewalzte Zinn nicht hat.

In neuester Zeit legt man statt des Zinnes und Queckſilbers ein dünnes Silberhäutchen durch chemischen Niederschlag des salpetersauren Silbers auf das Glas; die so bereiteten Spiegel zeichnen sich auch bei ungünstiger Farbe des Glases durch einen ungemein schönen, warmen Ton aus.

Anwendung des Hohlspiegels.

Dasjenige, wozu sie vorzugsweise dienen, der astronomische Gebrauch, kann erst in dem Kapitel von den optischen Instrumenten ausgeführt werden. Bei der Lehre von der Wärme ist über ihre Anwendung zu Brennspiegeln bereits gesprochen, ob sie in der Akustik jemals eine technische Anwendung

finden können, ist sehr zweifelhaft. Die Form (ohne Politur) soll allerdings in den alten Theatern angewendet worden sein; man behauptet, die auf den obersten Sitzreihen in dem Rücken der Zuhörer angebrachten kugelförmigen Höhlungen seien nichts anderes als die Schall reflectirenden Hohlspiegel, in deren Brennraum der Zuhörer sein Ohr habe halten müssen, um die an sich für die große Entfernung zu schwachen Schallstrahlen aufzufangen und concentrirt dem Ohre zuzuführen; allein die Sache klingt doch beinahe zu fabelhaft und ihre Ausführung würde von unendlichen Schwierigkeiten, ihre Benutzung von großen Unbequemlichkeiten begleitet sein.

Die Meteorologie bedient sich des Hohlspiegels zur Beobachtung der Heiterkeit des Himmels; in dem Brennpunkt eines ziemlich großen (8 bis 10 Zoll Durchmesser der Oeffnung) Metallspiegels von geringer Focaldistanz wird ein sehr empfindliches Lufttthermometer befestigt und die Oeffnung des Spiegels gegen den Himmel gekehrt. Alles strahlt aus, giebt durch Strahlung von seiner Wärme ab, also auch das Thermometer an die Wände des Spiegels und diese gegen den Luftraum. Sind dort Wolken, so können diese sehr wohl so viel Wärme zurückgeben, als sie von dem Spiegel empfangen, diese wird dann an dem Thermometer concentrirt und es bleibt in seinem Stande unverändert. Sind jedoch über dem Spiegel des Instruments nicht Wolken vorhanden, ist der Himmel heiter, die Luft klar, so wird keine solche Zurückgabe an das Thermometer stattfinden und dasselbe wird um so tiefer sinken, je klarer die Luft ist, deshalb das Instrument allerdings als Luftheiterkeitsmesser anwendbar, jedoch nicht viel im Gebrauch, wohl hauptsächlich deshalb, weil der Metallspiegel sehr theuer und doch durch Feuchtigkeit und damit verbundene Oxydation leicht zerstörbar ist.

Lieberkühn wandte den Hohlspiegel in sehr kleinem Maßstabe (1 Zoll Durchmesser, $\frac{1}{2}$ Zoll Focus) vortheilhaft zur Beleuchtung kleiner Gegenstände an. Das einfachste Mikroskop ist ein kleines Brennglas von sehr kurzem Focus. Wenn man in den Mittelpunkt eines solchen kleinen Spiegels ein Glas von demselben Focus, wie der Spiegel ihn hat, einsetzt und den betrachteten Gegenstand an seinen Ort bringt, so wird er von dem gegen das Licht gewendeten Spiegel gerade auf der Fläche, welche gegen das Auge und das Mikroskop gerichtet ist, auf das Lebhafteste beleuchtet, das Glas vergrößert dann den so erleuchteten kleinen Körper.

Eine noch andere Anwendung zeigt der Augenspiegel von etwas größerer Dimension ($1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser), in welchem man sein eigenes Auge bedeutend vergrößert, in welchem man jedes Aederchen und Fäserchen auf eine überraschende Art deutlich sieht.

Die Convexspiegel haben in den Cassegrain'schen Spiegelteleskopen e Anwendung gefunden, doch nur vorübergehend, denn erstens macht man ›iegelteleskope überhaupt nicht mehr, Cassegrain'sche aber gar nicht.

Brechung des Lichtes.

Der Lichtstrahl pflanzt sich von seinem Ausgangspunkte geradlinig fort d durchdringt alle durchsichtigen Substanzen. So wenig man durch ein att Velinbriefpapier sehen kann, welches $\frac{1}{400}$ Zoll dick ist, so wenig hält e Schicht Wasser, und wenn sie 400 Zoll dick wäre, das Licht auf; es d Taucher bis zu 30 Fuß unter das Wasser herabgestiegen und haben :t sehen können; man erblickt in klaren Meeren den Boden noch in viel ßeren Tiefen. Capitain Wood erzählt, daß er den Meeresboden und die :auf liegenden Muscheln in einer Tiefe von 480 Fuß gesehen habe, es r dies keine Schätzung, sondern eine durch das Senkblei gemessene Tiefe, war dies auch nicht in dem für besonders durchsichtig gehaltenen tro- chen Meere, sondern in der Nähe von Novaja Semlia. Wenn nun aber :genstände am Meeresboden in 500 Fuß Tiefe von der Oberfläche aus ehen werden, wo sie das empfangene Licht zurückschicken müssen, so läßt › daraus schließen, daß, wenn man sich unten aufhalten könnte, man in er Tiefe von mehr als 1000 Fuß sehen würde, aber was ist dies gegen Luft, welche durchsichtig ist, so weit es überhaupt welche giebt, d. h. nicht r bis an die Grenze der Atmosphäre, sondern von der Erde aus die mosphäre horizontal durchblickend, wo der Strahl des aufgehenden Sternes zlaublich viel mehr Luft durchscheinen muß, als wenn er senkrecht durch Atmosphäre sein Licht zur Erde schickt.

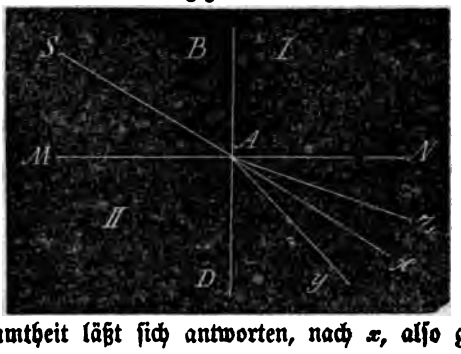
Ein durchsichtiger Körper setzt also dem Lichte keinen Widerstand ent- ;en? Doch, man nimmt dies wahr, wenn der Lichtstrahl verschiedene Körper h einander durchdringen soll, er wird in seinem Laufe verzögert, beschleu- t, mehr oder minder abgelenkt, je nachdem er aus einem dünneren in dichteres oder aus einem dichteren in ein dünneres Medium übergeht. is Resultat dieser Veränderung nennt man Brechung.

Die Fig. 345, Seite 526, zeigt uns zwei Körper *I* und *II*, beide glichst durchsichtig, vollständig von einander gesondert, nicht in einander rgehend, wohl aber in der Fläche *MN* an einander stoßend, wie z. B. ft und Wasser, oder wie ein Bergkrystall, eine Glastafel, die über dem asser, dasselbe gerade berührend, schwebend erhalten würde.

Es sei nunmehr *SA* ein Lichtstrahl, welcher in *A* die scheidende Fläche N zwischen beiden Körpern *I* und *II* trifft. Es fragt sich nun, wie

wird dieser Lichtstrahl seinen Weg fortsetzen, in der Verlängerung der SA, also nach x, oder wird er nach y oder nach z gehen?

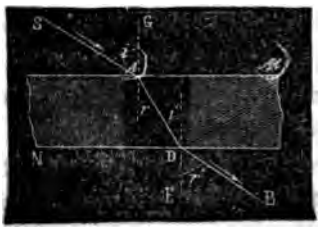
Fig. 345.



Mit Bestimmtheit läßt sich antworten, nach x, also gerade fort, er nicht gehen; die zweite Frage aber hängt von einer Bedingung a läßt sich also, ohne diese vorher festzusetzen, nicht beantworten; is Körper I, in welchem der Strahl ankommt, dichter als der Körper I welchen er in A bei der Scheidegrenze MN trifft, oder ist umgeke Körper II der dichtere? hiernach richtet sich die Brechung des Strah

Man errichte in dem Punkte A, in welchem der Strahl die trifft, eine senkrechte Linie BD, man nennt sie das Einfallsloth. Der welchen die Linie SA mit dem Lothe AB bei A macht, heißt der Ei winkel, derjenige Winkel, den der fortgesetzte Strahl innerhalb des Körpers mit der Fortsetzung des Einfallslothes macht, heißt der Brec winkel. Dieser kann größer, gleich oder kleiner sein als der Einfalls In dem Falle, daß die beiden Winkel einander gleich sind, findet keine chung statt, dieser Fall liegt also außer unserer Betrachtung, die a beiden Fälle hängen aber von der Dichtigkeit der beiden Körper ab. Luft und II Wasser, so wird der Lichtstrahl, von S nach A gehend gestalt gebrochen, daß er nach y geht, daß also der Einfallswinkel als der Brechungswinkel ist. Ist dagegen I der dichtere Körper u etwa Luft, so wird der Brechungswinkel größer sein, der aus dem in die Luft tretende Strahl wird vom Einfallslothe abgelenkt.

Fig. 346.



Stellen wir uns unter der nebenstel Fig. 346 beide Fälle vereinigt vor, so wir MN nicht als Linie, sondern als von parallelen Flächen begrenzt zu haben; der Strahl S geht innerhal dünneren Mittels Luft, z. B. in der Ri des Pfeiles nach A, man errichtet dort di

chte Linie Gr, um den Einfallswinkel i zu haben. Der Strahl geht in em dichteren Mittel (Waſſer, Glas oder was ſonſt) von A nach D, hier t der Brechungswinkel r viel kleiner als der Einfallswinkel, wie es ſchon er bloße Anblick lehrt, wie man aber durch ſorgfältige Meſſungen ganz unzweifelhaft feſtgeſtellt hat. Der Strahl AD kommt nun an die zweite Oberfläche es brechenden Mittels; D iſt der Austrittspunkt, in D wird ein Perpendikel errichtet, um den Einfallswinkel i' beurtheilen zu können, der Strahl tritt in der Richtung des Pfeiles aus und gelangt nach B, er macht den Brechungswinkel r', dieſer iſt wiederum ſichtbar größer als der Einfallswinkel. Wir haben alſo hier die Erfahrung gemacht, daß ein Strahl, aus einem dünneren Mittel in ein dichteres gehend, nach dem Einfallslothe hin gebrochen, aus einem dichteren Mittel in ein dünneres Mittel gehend, vom Einfallslothe abgelenkt wird.

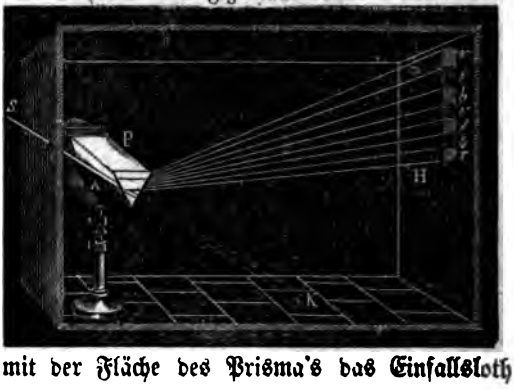
Es iſt dies ein Erfahrungsſatz, welcher ſich für alle Verhältniſſe, die bis jetzt der Prüfung vorgelegen, beſtätigt hat, er gilt aber natürlich nicht bloß für Körper mit parallelen Flächen, ſondern überhaupt für alle. Aus der Zeichnung erſehen wir, daß der Strahl SA in dem dichten Mittel vom Wege abgelenkt, dann aber wieder demſelben dergeſtalt zugelenkt iſt, daß der Strahl DB dem SA vollkommen parallel iſt, dies gäbe uns, wenn wir die Brechungskraft der verſchiedenen Mittel gegen die Luft benutzen wollen, kein Reſultat, es muß daher Mittel geben, dies zu verändern und man findet ſie darin, daß man die Körper, welche das Licht ablenken ſollen, auch nach dem Austritt aus dem dichten Mittel nicht parallel begrenzt. Ein Uhrglas mit parallelen Flächen giebt keine Brechung, auf das Uhrglas eine Glastafel gelegt und den Zwiſchenraum mit Terpentinöl gefüllt, giebt ein treffliches Brennglas (wenn ſchon keines von regelmäßiger Form). Die beiden Glastafeln, die flache und die gekrümmte, thun es nicht, wohl aber die dazwiſchen liegende, ungleich dicke, nicht von parallelen Seiten begrenzte Schicht Terpentin (Waſſer oder Oel).

Denken wir zurück an den bereits beſprochenen Fall der Fig. 347, Seite 528, und denken wir uns unter P einen von parallelen Flächen begrenzten Körper, wie in der vorigen Figur, ſo wird der Strahl gerade durchgehen, der punktirten Linie folgen und nach einer unbedeutenden Ablenkung innerhalb des dichteren Mediums, mit ſich ſelbſt parallel den Punkt K auf dem Boden des dunklen Zimmers erreichen.

Hier ſind nun die Wände des dichteren Mittels (Fig. 348, Seite 528), nicht parallel, darum geht der Strahl nicht den vorgeſchriebenen Weg; abc iſt ein dreiſeitiges Prisma, das Auge d ſieht oder ein Strahl do fällt darauf. Bei parallelen Wänden würde das Auge den Punkt o ſehen oder

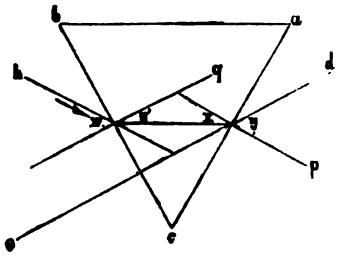
der Lichtstrahl würde von d aus o treffen, hier, bei nicht parallelen Wänden, müssen wir den Weg untersuchen. Wir ziehen auf den Berührungspunkt

Fig. 347.



des Strahles mit der Fläche des Prisma's das Einfallsloth p, der Einfallswinkel ist also y. Der Strahl geht in dem dichteren Medium dem Einfallslothe zu, der Brechungswinkel x ist kleiner als y. Der gebrochene Strahl geht nun auf die Wand bc zu, hier ist das Einfallsloth q, und y' der Einfallswinkel, beim Austritt wird der Brechungswinkel x' sein, er ist größer als y', also geht der Strahl nach h oder das Auge sieht einen in h befindlichen Gegenstand durch die zweimalige Brechung nicht in h, sondern in der Richtung des ersten einfallenden Strahles, also in o.

Fig. 348.



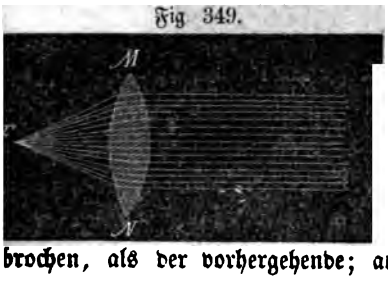
Dies giebt uns ein Mittel, Strahlen permanent von ihrem Wege abzulenken, und da die Stellung des Prisma's ganz gleichgültig ist, das Gesetz für jede Stellung in Kraft bleibt, so können wir uns ein rundes Prisma vorstellen, d. h. einen Kegel, dessen Spitze wir gegen den leuchtenden Punkt lenken, wodurch wir die Strahlen, die auf denselben fallen, in einer Linie vereinigt erhalten werden, welche durch die Axe des Kegels geht.

Dies hat aber wieder eine Unbequemlichkeit. Die Strahlen sind, je nachdem sie näher oder ferner von der Axe auffallen, auch näher oder ferner von dem Glase, man möchte sie aber gern in einer Fläche, gleich weit vom Glase entfernt haben; dies ist möglich, wenn man dem Kegel verschiedene Facetten giebt, wenn man ihn in der Mitte am flachsten, dann ein wenig steiler und gegen das Ende hin so gestaltet, daß er, in dieser Art fortgesetzt, den am meisten spitzen Kegel liefern würde.

Macht man diese Veränderung aus einem sehr stumpfen Kegel in einen

)r spitzen unmerklich übergehend, so wird daraus eine Halbkugel.)er auch hier finden einige Unbequemlichkeiten statt, darum läßt man)n dieser Halbkugel den allergrößten Theil fort und nimmt nur die)erste Decke derselben, die Calotte, und dies ist die Form aller Brenn-äser, nur mit dem Unterschiede, daß man wohl zwei solche Calotten an nander legt, wodurch eine Form entsteht, welche der Linse ähnlich ist, ıch welcher Form dann die Brenngläser auch Linsengläser oder Glaslinsen ißen, ein Name, den wir von jetzt an vorzugsweise brauchen werden.

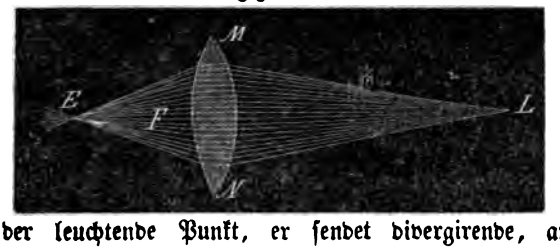
Fig. 349.



Mit dieser Form haben wir nunmehr das Verlangte. Wir sehen in Fig. 349 eine Glaslinse *MN*, auf welche eine Menge Strahlen parallel auffallen, jeder fällt auf eine andere Stelle, also auf eine andere schräge Fläche, jeder Strahl wird also anders brochen, als der vorhergehende; alle zusammen werden aber in der Art brochen, daß sie gleich weit von der Linse in einem Punkte *F*, dem Focus sammen kommen. Wenn nun von anderen Stellen auch parallele Strahlen sgingen, die in irgend einer schrägen Richtung auf die Linse fielen, so rden auch sie in ihrer Art gebrochen werden und einen andern Focus er Brennpunkt geben, alle Brennpunkte aber werden in einer Fläche liegen ß man würde so das Bild eines gegenüber liegenden Hauses auf einem latte Papier, auf einer Wand auffangen können; so erhalten wir z. B. s Sonnenbild genau in der Ebene des Focus, allein nicht in einem Punkt, ndern als runde Fläche.

Ist der leuchtende oder Licht aussendende Punkt nicht unendlich weit tfernt, sendet er also nicht parallele Strahlen aus, so tritt der Fall ein, n Fig. 350 zeigt.

Fig. 350.



L ist der leuchtende Punkt, er sendet divergirende, aus einander hende Strahlen aus, sie fallen auf die Linse *MN*, werden in derselben, n Einfallslothe zu, gebrochen, möglicher Weise dadurch parallel gehen, er beim Austritt wieder convergirend nach einem Punkte, nur nicht nach

F, dem Focus, ſondern nach einem hinter demſelben gelegenen Punkt *E*, welcher um ſo weiter von *MN* abſteht, je näher *L* daran liegt, bis, wenn *L* ſo ſtände, wie *F* in der Fig. 349, d. h. im Focus des Glaſes, die Strahlen parallel, oder wenn *L* gar ſtände wie in Fig. 351, d. h. zwiſchen dem

Fig. 351.

Brennpunkt *T* und dem Glaſe, die Strahlen divergirend, aus einander gehend das Glas verlaſſen werden. (*E* deutet die Stellung von *L* der Fig. 350 an, um den Unterſchied der auffallenden Strahlen zu zeigen.

Verſchiedene Formen der Gläſer.

Man kann begreiflich die Krümmungen der Linſen oder Linſengläſer ſehr verſchieden machen, aber es laſſen ſich ſechs Formen unterſcheiden, die aus der Combination von erhaben, flach und hohl zu zweien, erhellen. Die Fig. 352 giebt dieſelben. *A* hat zwei erhabene Flächen und heißt deshalb biconvex (zweimal convex); *B* hat eine ebene und eine erhabene Fläche und heißt planconvex; *C* hat eine hohle und eine erhabene Seite, man könnte dieſe

Fig. 352.

Linſe alſo concavconvex oder convexconcav nennen, iſt aber dahin übereingekommen, diejenige Seite, welche dem Glaſe die überwiegende Wirkung giebt, zuletzt zu ſetzen, da ein ſolches Glas nun aber wie ein convexes wirkt, ſo nennt man daſſelbe concavconvex. Da der Mond im erſten Viertel, oder vielmehr gleich nach dem Neumond ungefähr dieſe Form hat, ſo nennt man ein ſolches Glas auch Meniscus. *D* hat zwei concave Seiten, es heißt daher biconcav; *E* hat eine ebene und eine hohle Seite und wird darum planconcav genannt; das letzte Glas iſt auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl wie der Meniscus, da aber die Höhlung ſtärker iſt (aus einem kleineren

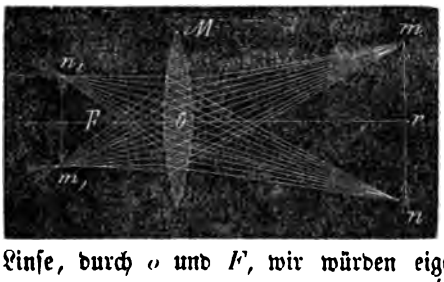
Kreise geschnitten), so ist die Wirkung wie die eines Hohlglases und man nennt das Glas also ein convexconcaves.

Die sechs Gläser zerfallen in zwei Gruppen, die ersten drei wirken wie Brenngläser, man nennt sie Sammelgläser; die anderen drei thun das Entgegengesetzte, sie sammeln nicht die Strahlen, welche auf sie fallen, sondern sie zerstreuen dieselben, davon haben sie auch ihren Namen.

Für die Sammelgläser haben wir noch drei Fälle zu betrachten, der eine ist der, daß von verschiedenen Punkten eines nicht unendlich weit entfernten Gegenstandes Strahlen auf das Glas fallen. Die von jedem Punkte ausgehenden Strahlen bilden einen Kegel, dessen Spitze der aussendende Punkt m oder n ist, dessen Basis das Glas ist.

Die Strahlen von m auf Fig. 353 fallen auf die Linse M, werden gebrochen, gehen hindurch und sammeln sich in einem Punkt bei m_1; die Strahlen von n thun dasselbe, sie fallen nach n_1; die Strahlen von r gehen

Fig. 353.



gerade durch die Linse, durch o und F, wir würden eigentlich noch einen Kegel von Strahlen zeichnen müssen, dies würde jedoch das Bild verworren machen und da die Strahlen ganz gerade nach der Mitte gehen, ist nur diese eine Linie angegeben.

Die Zeichnung giebt den Erfolg dieses Ganges, der Pfeil mn steht aufrecht, das Bild m_1n_1 steht verkehrt. Ein Jeder kann sich leicht von der Richtigkeit überzeugen. Er nehme das erste beste Brennglas, trete in seinem Zimmer so weit vom Fenster weg, daß die Zeichnung, welche durch das vor die Wand gehaltene Glas auf dieser entsteht, recht deutlich und scharf umgrenzt, sichtbar ist, so wird er wahrnehmen, daß die Gardinen von unten heraufhängen und der Blumentopf von oben herabwächst, kurz, daß das Bild, welches er erhält, ein vollständig umgekehrtes ist.

Der zweite noch zu betrachtende Fall liegt uns in Fig. 354, Seite 532, vor. M sei die Glaslinse, welche vor das Auge A gehalten wird — es fragt sich, in welcher Weise werden die Strahlen gebrochen, wie wird man den ganz in die Nähe des Glases gehaltenen Gegenstand mn sehen. Wäre derselbe außerhalb des Brennpunktes, so müßte er uns verkehrt erscheinen,

da er jedoch nahe am Glaſe, innerhalb der Brennweite ſteht, ſo machen die von ihm ausgehenden Strahlen den Weg, welcher durch die weißen Linien bezeichnet iſt; wenn das Auge nun in dem Kreuzungspunkte dieſer Strahlen, in *A* befindlich iſt, ſo ſieht es dieſen Gegenſtand in der Richtung, in welcher es die Strahlen empfängt und verſetzt dieſelben in Gedanken in die ſeiner Größe angemeſſene Entfernung, d. h. es ſieht ihn vergrößert. Dies iſt die Wirkung der Loupe, des einfachen Vergrößerungsglaſes.

Fig. 354.

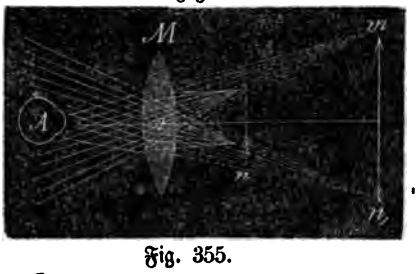
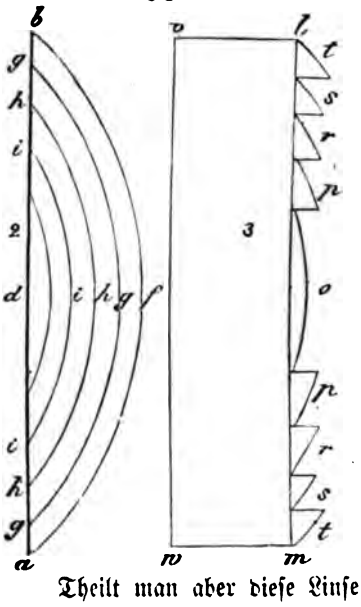


Fig. 355.



Die dritte Frage iſt die, ob man bei ſehr großen und dicken Convexgläſern nicht mit leichteren Mitteln durchkommt, als da angewendet werden müßten, wenn man eine faſt fußdicke, alſo Centner ſchwere Maſſe zu behandeln hätte.

Es giebt Fälle, in denen man das Licht, welches eine Lampe giebt, in möglichſter Weiſe verſtärkt auf große Entfernungen verſenden will. Nun, dies läßt ſich thun, wenn man es in den Focus einer ſehr großen Glaslinſe ſetzt, betrachten wir die nebenſtehende erſte Fig. 355. Dieſe ſtellt den Durchſchnitt einer ſolchen Linſe vor, ſie hat von *a* bis *b* 3 Fuß Höhe, alſo von *d* bis *f* 9 Zoll und wird mithin wenigſtens 3 Centner wiegen.

Theilt man aber dieſe Linſe in lauter parallele Abtheilungen, wie die Zeichnung giebt, ſo wird die innerſte *d* gerade ſolche Wirkung haben, als wenn man die ganze ungeheuere Linſe in der Ausdehnung nehme, welche dem Stück *d* entſpricht, aber die Dicke von *d* bis *f* hätte.

Schleift man alſo eine Linſe von der Umgrenzung *d*2, ſo erſpart man ſchon neun Zehntel der ganzen Maſſe und hat jedenfalls eine viel beſſere Wirkung, denn ein ſo dünnes, kaum 1½ Zoll dickes Glas läßt ſich viel leichter rein gewinnen und viel beſſer ſchleifen als ein großes, ſchweres und es wird dadurch viel weniger Licht abſorbirt. Der Abſchnitt *iii* wird durch einen ſchmalen Ring erſetzt werden können, eben ſo die Abſchnitte *h*, *g* und *bfa*. Man thut dies wirklich und ſchneidet aus der ungeheuren Linſe

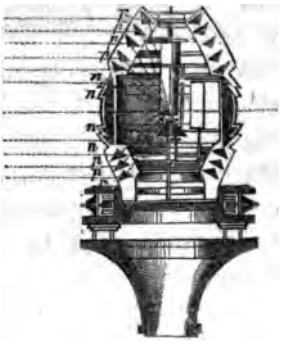
einen Ring von dem Durchschnitt der zweiten Figur *lt*, *mt*. Dies ist der äußerste, welcher dem Durchmesser *ba* entspricht, man setzt daran eine zweite *ss*, welche dem Abschnitte *g* entspricht und *ff*, bis man in die Mitte gelangt und in *o* das Stück hat, welches wir zuerst betrachteten. Wir haben in der zusammengesetzten Linse *lm* die ganze Wirkung von *ba* und haben hinter ihr die ersparte Glasmasse.

Solche Linsen werden in ein großes Gestelle gefaßt, heißen Polygonallinsen oder wie die Franzosen sie nennen, Lentilles à échelon und haben die Einrichtung, welche die Fig. 356 zeigt; es sind hier statt fünf Abtheilungen nur drei genommen, diese zwei Ringe mit einem Mittelstück haben den Durchschnitt *aboba* und vereinigen ihre Strahlen in dem Brennpunkt *F*, woselbst sie, bei etwa 3 Fuß Durchmesser, eine Wirkung haben, daß Gold darin schmilzt, wenn man sie dem hellen Sonnenschein aussetzt.

Es läßt sich denken, daß umgekehrt, wenn die leuchtende Masse in den Punkt *F* gebracht wird, die davon ausgehenden Strahlen durch die prismatisch geschliffenen Ringe gebrochen, parallel fortgeschickt werden und eine gewaltige Wirkung haben müssen, allein die Wirkung ist einseitig und weil der

Fig. 356.

Fig. 357.



Focus so weit vom Glase entfernt, so geht eine große Masse Licht verloren, dies brachte Fresnel auf den Gedanken, den Ringen eine andere Anordnung zu geben. Fig. 357 zeigt dieselbe im Durchschnitt und wird es hoffentlich nicht schwer sein, sich darein zu finden.

Der ganze Apparat stellt eine Leuchtthurmlampe vor, welche wir in der Mitte sehen, der untere Theil dient lediglich, um die Laterne festzustellen

und falls es nöthig sein sollte sie zu bewegen, zu drehen, was darauf ankommt, ob das Licht unveränderlich feststehen oder ob es ein Blicklicht sein soll, welches in genau bestimmten Zeiträumen auftaucht und verschwindet.

Die Lampe ist außer ihrem gewöhnlichen Glascylinder, welcher den Zug regelt, mit einem zweiten Cylinder von vielleicht 1 Fuß Durchmesser umgeben, derselbe ist, wie es die Fläche eines Cylinders verlangt, inwendig vollkommen gerade geschliffen, auswendig aber hat er die Krümmung eines Brennglases von 6 Zoll Focus. Alle Strahlen, welche von der Lampe darauf fallen (die im Focus steht) werden nach allen Richtungen parallel fortgesendet. Dies ist schon ein großer Gewinn.

Nun geht aber noch sehr viel Licht über diesem Gürtel und auch unter demselben hinweg, welches nutzlos verloren ist, daher legt man unter, wie über die mittelste breite Zone, noch 3 bis 5 andere, deren Durchschnitt man bei *p p* ꝛc. sieht. Es sind lauter geschlossene Kränze von dreieckigem Durchschnitt, es sind sehr lange, aber zu einem Kranze zusammengebogene Prismen; die eine ihrer Flächen dient als Spiegel, die Strahlen, welche von der Lampe nach unten oder oben fortgehen, werden durch diesen Spiegel umgelenkt, so daß sie auch, wie die mittelsten, nach einer Richtung gehen, welche derjenigen entspricht, die durch die breite Brennglaszone erreicht wird; allein, damit sie von dem Spiegel aus nicht zerstreut werden, so ist die äußerste Rundung des Glases gleichfalls brennglasartig geschliffen, was allerdings in der Zeichnung nicht gegeben werden kann, aber nöthig ist, um die verlangte Wirkung aller Strahlen nutzbar zu machen, zu erzielen.

Ist das Hafenfeuer ein Blicklicht, so wird man natürlich nicht nöthig haben, ganze Kreisprismen anzuwenden, es genügen dann halbe oder viertel Kreise, wodurch der Apparat viel wohlfeiler wird.

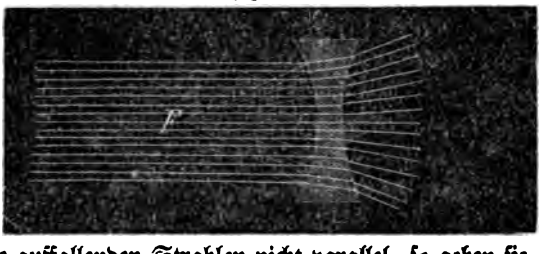
Concavgläser.

Man nennt sie auch sonderbarer Weise Concavlinsen, wiewohl sie das Entgegengesetzte von dem sind, was man unter Linse versteht, nämlich nicht am stärksten in der Mitte, sondern gerade da am dünnsten.

Wir sehen in Fig. 358, Seite 535, ein doppelt concaves Glas, welches so geschliffen ist, daß wenn die beiden Krümmungen zu convexen Gläsern zusammengesetzt wären, sie die Strahlen in *F* als Brennpunkt vereinigen würden. Fallen auf dieses Glas parallele Strahlen, so gehen sie hindurch, indem sie in dem Glase gebrochen und beim Austritt in die Luft nochmals gebrochen werden, durch das letztere erhalten die Strahlen eine Richtung,

als ob sie aus dem Brennpunkte F kämen, welcher daher der negative Brennpunkt heißt.

Fig. 358.



Sind die auffallenden Strahlen nicht parallel, so gehen sie, wie Fig. 359 zeigt, noch stärker aus einander, es ist als ob die Strahlen aus dem Punkte E kämen, welcher zwischen dem Brennpunkt und dem Glase liegt.

Fig. 359.

Es ist wohl sehr zweifelhaft, wann die Kunst, Gläser zu schleifen, erfunden ist; nach einem Bilde des Tizian muß dies schon lange vor Christi Geburt gewesen sein, denn einer der Pharisäer, welche Christus belehrt, besieht durch eine Brille eine Inschrift. — Nun das will nicht viel bedeuten, die alten Maler, besonders die der verschiedenen italienischen Schulen, waren keine besonderen Kenner der Kunstgeschichte; findet man doch auf einem andern Bilde, unter den Geschenken der drei Könige, auch eine mit Elfenbein ausgelegte Kugelbüchse, ein Feuergewehr!

Gewiß ist nur, daß die Erfindung, wie so viele andere der bedeutendsten, eine deutsche ist; die erste Anwendung wurde davon zu Brillen gemacht, allein Niemand weiß wer sie erfunden. Meißner, ein alter deutscher Dichter, erwähnt ihrer im Jahre 1270 in seiner Sammlung der Minnesänger und sagt ausdrücklich, daß alte Leute sich ihrer zum Lesen bedient hätten; auch Roger Bacon, der 1284 starb, gedenkt wenigstens der Vergrößerungsgläser, also mußten sie bei seinem Lebzeiten schon bekannt sein und die Ansprüche der Italiener, welche die Erfindung auf Salvino degli Armati 1317, oder auf den Mönch Aleſſandro de Spina 1313, zurückführen wollen, kommen immer um wenigstens 50 Jahre zu spät. Da

man aber in Deutschland schon um das Jahr 1250 Spiegel aus geschliffenem Glase und aufgelegtem (aufgegossenem) Blei fabricirte, die Kunst des Glasschleifens also keineswegs den Italienern (und vorzugsweise den Venetianern, welche auf der Insel Murano lange Zeit die einzige und deshalb sehr geheimnißvoll behandelte Spiegelmanufactur hatten), ausschließlich zukommt, da ferner die deutschen Künstler und Techniker schon vor vielen Jahrhunderten, so wie jetzt, ihr Gewerbe nicht handwerksmäßig nach einmal hergebrachtem Gebrauch betrieben, sondern über ihre Leistungen nachdachten, Versuche machten, so ist es sehr wahrscheinlich, daß man beim Schleifen von Verzierungen an den Rändern der Spiegel oder bei ähnlichen Operationen zuerst auf die Wirkung der Hohlgläser, dann vielleicht im Wege des Versuches auf die Verfertigung der erhabenen Gläser kam. Combinationen von Gläsern zu Fernröhren und Mikroskopen sind erst mehrere Jahrhunderte später entstanden.

Die erste Anwendung der Gläser also war wohl unzweifelhaft die zu Brillen und zwar zu vergrößernden, also für ältere Leute, bei denen mit dem Schwinden der jugendlichen Saftfülle auch die Rundung der Augen sich vermindert und mit dieser die lästige Fernsichtigkeit eintritt.

Kurzsichtigkeit, Fernsichtigkeit.

Man hört sehr oft die Leute erzählen: „Mein Großvater hat, trotz seiner achtzig Jahre, ein vortreffliches Auge, er erkennt noch jetzt straßenweit seine Freunde, nur Lesen kann er nicht mehr.“ Das ist kein Vortheil, sondern ein Nachtheil, das ist kein Glück, sondern ein Unglück. Ein kurzsichtiges Auge ist ein gutes und dauerhaftes, dies wird so leicht nicht müde und das Schlimmste, was ihm durch das Alter begegnen kann, ist, daß es, wie die Leute sagen, besser wird, d. h. daß seine Kurzsichtigkeit abnimmt.

Als Normalsehweite pflegt man 9 bis 10 Zoll anzunehmen. Wer nicht den feinsten Druck, sondern die feinsten Fäserchen des Papieres, worauf der Druck ausgeführt ist, auf die Entfernung von 9 bis 10 Zoll vom Auge erkennt, dessen Auge hat die Normalbrennweite; wer über 10 Zoll Entfernung braucht, sieht diese Fasern in der Regel nicht mehr und wer sie bei 8 Zoll, 7 Zoll sieht, der ist kurzsichtig, er sieht aber mehr und besser, schärfer als der Andere, ja, ist er so kurzsichtig, daß sein Auge eine Annäherung des Gegenstandes bis auf 5 oder 4 Zoll fordert, so hat er ein Mikroskop statt des Auges, er bedarf, um die Federn auf dem Flügel des Schmetterlinges zu erkennen, nicht einer Loupe.

Aber es kann dies für das tägliche Leben sehr unbequem werden —

was hilft es dem Locomotivführer, daß er die Dampfperlen auf dem Eisen der Maschine und die Krystalle, zu denen sie während des Frostes anschießen, im Entstehen wahrnimmt, wenn er nicht das telegraphische Zeichen des Stationswächters, wenn er nicht die falsch gedrehte Scheibe des Weichenstellers sieht, er wird trotz seines guten Auges mit offenem Auge in's Unglück rennen, ohne eine Ahnung davon zu haben; umgekehrt, was hilft es dem Beamten, dem Musikdirector, dem Portraitmaler, daß er seine Freunde auf 300 Schritt erkennt, wenn er die Noten nicht lesen, wenn er die Feder, den Pinsel nicht führen kann.

Da hilft nun die Kunst Gläser zu schleifen. Das Auge ist ein optisches Instrument von einer gewissen Brennweite; damit deutlich gesehen werde, muß das Bild des Gegenstandes scharf auf die Netzhaut fallen. Dies ist schon für ein Normalauge unter allen Umständen nicht möglich, denn wie man ein Fernrohr für nahe Gegenstände ausziehen, für ferne zusammenschieben muß, so müßte das Auge, das doch auch nur eine Brennweite hat wie das Objectivglas des Fernrohrs, sich auch verlängern und verkürzen können.

Nun ist dies merkwürdigerweise der Fall, aber doch nur in bestimmten Grenzen. Ein recht gutes Auge paßt sich dem zu sehenden Gegenstand an, sieht auf 10 Zoll die feine Inschrift auf einer alten Münze und auf 3000 Schritt das Telegraphenzeichen — allein auf 5 und 4 Zoll sieht es doch nichts mehr. Das kurzsichtige Auge sieht nun wohl auf 5 Zoll und große Sachen auf 2 bis 3 Fuß, Personen erkennt es auch wohl noch auf 10 Fuß, aber über die Breite eines mäßigen Zimmers weiß es schon nicht mehr, ob der ihm gegenüber Sitzende die Augen zu oder offen hat.

Wo nun die Natur aufhört Hülfe zu leisten, da tritt die Kunst helfend ein.

Der Gegenstand soll sein Bild auf die Netzhaut werfen, die Linse im Auge ist aber zu flach, ihr Focus zu weit, das Bild fällt 2 Zoll hinter die Netzhaut, dadurch entsteht auf der Netzhaut zwar ein Schimmer, aber kein Bild — der Mensch weiß wohl, daß da etwas ist, aber nicht was da ist. Das Auge ist zusammendrückbar, um so viel es durch die um den Augapfel her liegenden Muskeln gedrückt wird, um so viel kann es verlängert werden; die Kugel wird ein Ellipsoid, aber nimmermehr kann sie sich bis zur Gestalt eines Eies verlängern. Nun da kommt der Brillenschleifer und paßt der Krystallinse eine Glaslinse an, wodurch diese eine stärkere Convexität erhält, also der Focus verkürzt wird, und er paßt so lange, bis der Focus dieser beiden vereinigten Linsen gerade auf die Netzhaut fällt, d. h. bis der Weitsichtige sagt: „ah! nun sehe ich gut."

Natürlich muß man nichts weiter verlangen als in einer bestimmten Entfernung deutlich sehen zu können, denn das Glas paßt sich nicht den Entfernungen an wie ein gesundes Auge. Der Verfasser hörte von einem Büchsenschützen die Klage: „er könne gar nicht mehr nach der Scheibe schießen, er habe sich verschiedene Brillen machen lassen, mit der einen sehe er das Korn, mit der andern das Visir, das Ziel sehe er mit bloßem Auge sehr gut; aber er möge machen, was er wolle, zielen könne er doch nicht, denn setze er die eine Brille auf, so sehe er zwar das Visir sehr gut, aber das Korn nicht, setze er die andere auf, so sehe er zwar das Korn sehr gut, aber das Visir nicht." Der Verfasser rieth ihm scherzweise, beide Brillen aufzusetzen; er nahm dies für Ernst und sagte: „das habe ich auch gedacht, ich habe es versucht, dann sehe ich aber gar nichts!" Dies war auch durchaus nicht anders möglich, da die nunmehr doppelt scharfe Brille nur einen Gegenstand deutlich zeigen konnte, der noch viel näher lag als das Visir.

Auf eine solche Entfernung aber kann man mit großer Sicherheit die Deutlichkeit, welche zum Sehen erforderlich ist, erreichen.

Es tritt nun der umgekehrte Fall ein, das Auge sieht nahe Gegenstände sehr gut, ferne aber gar nicht, die parallel auffallenden Strahlen werden durch die Krystalllinse von zu großer Krümmung zu früh vereinigt, sie gelangen, da die Focalweite der Linse sehr klein ist, nicht bis auf die Netzhaut.

Meine Leser werden fragen: „wenn dies die Bedingung ist, wie kann alsdann ein Kurzsichtiger überhaupt sehen?" Wenn man sich erinnert, was über die Convexlinse S. 528 ff. gesagt worden, so wird einleuchten, daß der Kurzsichtige die nahen Gegenstände sehr wohl sehen kann, indem von diesen die Strahlen ja nicht parallel, sondern divergirend auffallen, der bei Fig. 350 betrachtete Fall also eintritt, wo das Bild hinter dem eigentlichen Focus der Linse zu liegen kommt. Dieses Bild kann auf die Netzhaut kommen und damit dies geschehe, hält der Kurzsichtige sich den Gegenstand so nahe an das Auge, bis er ihn deutlich sieht; von der kurzen Entfernung, die hierzu nöthig, heißt er ja eben kurzsichtig.

Kann man die Focaldistanz des Auges durch ein Convexglas, welches davorgehalten wird, verringern, so kann man dieselbe wohl auch verlängern, man wird dazu nur nicht ein Sammelglas, man wird ein Zerstreuungsglas anwenden müssen.

So nun steht die Sache auch wirklich. Das concav geschliffene Glas bringt die Strahlen so in's Auge, als kämen sie von einem nahen Gegenstande, es verwandelt die parallelen Strahlen in divergirende und sobald

dies geschieht, gehen die durch das sehr convexe Auge des Kurzsichtigen zu stark gebrochenen Strahlen erst in einer weiteren Entfernung zu einem Bilde zusammen und so ist einem Kurzsichtigen für ferne Gegenstände eben so gut geholfen wie dem Fernsichtigen für nahe.

Es tritt wohl der Umstand ein, daß ein an Kurzsichtigkeit oder an Weitsichtigkeit Leidender bei einem Opticus den ganzen Vorrath seiner Brillen durchprobirt und keine finden kann, die ihm paßt, keine, durch welche er lesen könne. Der Verfasser meint hier keineswegs den gar nicht seltenen Fall, wo Jemand überhaupt nicht lesen kann, dem wird allerdings durch den Opticus nicht geholfen werden, sondern den selteneren, wo der Patient zweierlei Augen hat, ein mehr und ein minder kurzsichtiges, oder wohl gar ein kurzsichtiges und ein weitsichtiges.

Ist der Unterschied beider Augen nicht groß, so accommodirt sich das eine Auge wohl zur Focaldistanz des andern, der Unterschied ist aber mitunter enorm. Die ehemals als Schriftstellerin bekannte Regina Frohberg hatte so verschiedene Augen, daß sie für das eine ein Glas von 80 Zoll Focus, für das andere von 9 Zoll Focus brauchte.

Hiermit ist aber auch schon das Mittel gegen das Uebel gegeben; mit einer Brille, welche gleiche Gläser hat, wird der Patient nimmermehr sehen können, der Opticus muß also für jedes der beiden Augen einzeln das nöthige, passende Glas aussuchen und diese in das Brillengestell einsetzen, dann findet vollkommen deutliches Sehen mit beiden Augen statt.

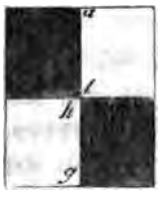
Einfluß der Farbe auf die Sehweite.

Ueber den Ort des deutlichen Sehens, über die Entfernung, in welcher dies geschieht, ist man mitunter selbst zweifelhaft, indem die Farbe des Gegenstandes einen wesentlichen Antheil daran hat. Alles Helle erscheint größer. Wenn man mit einem Zirkelschlag aus einem schwarzen und einem weißen Bogen Papier einen Kreis herausschneidet und den weißen an die Stelle des schwarzen setzt, den schwarzen aber in den weißen Bogen bringt und beide nun gleichzeitig aus einiger Entfernung betrachtet, so möchte derjenige, der das Experiment gemacht hat und der also weiß, daß die Kreise gleich sind, sich selbst gern überreden, sie seien ungleich, der weiße sei größer, er habe sich in der Arbeit irgend einen Fehler zu Schulden kommen lassen, wenn es nur möglich wäre, da jeder herausgeschnittene Kreis in die Stelle des anderen hineinpaßt.

Vor etwa 20 Jahren war noch sehr allgemein Mode das Verzieren

der Möbel durch mosaikartiges Einlegen dunkler Zeichnungen auf hellem Grunde oder heller Zeichnungen auf dunklem Grunde. Zwei Fourniere von Ahorn und Mahagoni wurden auf einander befestigt und mit einer Laubsäge wurde aus beiden gleichzeitig das verlangte Muster ausgeschnitten, nun aber das weiße in dem braunen Grunde durch Leim befestigt und eben so das braune in dem weißen Grunde. Wer zwei solche Zeichnungen zur Ansicht erhielt, war nicht zu bereden, daß sie gleich seien, er hielt die weißen immer für größer, in welchem Grade dies der Fall, geht aus der hier stehenden Zeichnung hervor.

Fig. 360.



Ein viereckiges Stück Papier wird durch zwei sich kreuzende Linien in vier ganz gleiche Theile getheilt, zwei derselben, die in der Diagonale liegen, werden schwarz angestrichen, die beiden andern bleiben weiß. Betrachtet man sie aus der Entfernung des deutlichen Sehens, so sieht man nicht nur die weißen größer, so daß etwa die Linien *al* oder *gh* bei dem weißen Quadrat über das schwarze hinaus ständen, sondern *h* und *l*, die beiden Winkel, welche an einander stoßen, scheinen sich zu decken, greifen über einander, so daß *h* ein Stück aus dem weißen bei *l* herausschneidet, so wie *l* ein Stück von *h* überschreitet.

Newton hatte die Versuche zur Darstellung der verschiedenen Brechbarkeit der Farben auf mannigfaltige Weise abgeändert, um zu einer immer festeren Ueberzeugung zu gelangen; unter Anderem nahm er ein Stück steifes Kartenpapier, strich die eine Hälfte satt purpurroth an, die andere dagegen blau, nun rollte er das Papier zu einem Cylinder zusammen, so daß auf der Stelle, wo die beiden Enden des Papiers an einander stießen, die rothe Farbe an die blaue kam. Er wickelte nun einen langen Faden schwarzer Seide wiederholt um den Cylinder, nicht sowohl um den elastischen Bogen in der runden Form zu erhalten, als um schwarze Linien auf blauem Grunde unmittelbar neben schwarzen Linien auf rothem Grunde zu haben.

Ein durch ein Linsenglas auf eine weiße Fläche entworfenes Bild dieser Vorrichtung zeigte den merkwürdigen Unterschied der Brechbarkeit der beiden Farben, denn der weiße Schirm, welcher das Bild auffing, mußte viel weiter fortgerückt werden, wenn man die rothe Hälfte deutlich sehen sollte als nöthig war, um die blaue Hälfte deutlich zu zeigen; um diese Deutlichkeit an etwas Bestimmtes zu knüpfen, waren die schwarzen Fäden gezogen. Newton hielt das Bild erst für vollkommen klar, wenn man sowohl auf dem rothen als auf dem blauen Grunde die Striche deutlich erkannte.

Göthe, in seiner heftigen Art, die dem Manne von 60 Jahren wohl kaum geziemte, fährt über den armen Newton als über einen Schwindler und Betrüger her, der seine Schüler auf jede Weise anführen will, nur um zu dem Beweise seiner unbegründeten Behauptungen zu kommen und er führt nun Gegenbeweise an, welche allerdings höchst willkürlich gewählt sind und dasjenige, was Newton seinen Lesern zumuthet, bei weitem übertreiben, allein er gelangt dabei zu einigen interessanten Thatsachen, welche ich auf das Sehen beziehen und welche wir hier anführen müssen.

Zur Widerlegung Newton's führt Göthe an: „Man bringe mennigrothes und sattblaues Papier neben einander, so wird jenes hell, dieses aber dunkel und besonders bei Nacht dem Schwarzen fast ähnlich erscheinen."

Hiervon ist nun freilich bei Newton keine Rede, er nimmt niemals Mennige, um Roth darzustellen, kein Physiker kann auch Mennige Roth nennen, es ist ein unschönes Orange, eine Mischung aus Roth und Gelb, sehr getrübt durch Grau, selbst Zinnober ist nicht anwendbar, obwohl es viel mehr Roth enthält als die Mennige und viel weniger Grau. Die einzige zu diesem Versuch passende Farbe ist Carmin reinster Art.

Ein Blau zu wählen, welches „bei Nacht fast schwarz" erscheint, heißt mit Absicht und mit ausgesuchter Hinterlist den Versuch so einrichten, daß er nicht gelingen kann, soll er redlich angestellt werden und nicht so, daß jedem Kundigen die Unmöglichkeit des Gelingens schon von vorn herein einleuchtet, so muß das Roth und das Blau gleich dunkel und beide müssen bei Nacht und hinlänglicher Beleuchtung durch möglichst weißes Licht wohl von einander zu unterscheiden sein, keine der Farben darf aber als schwarz erscheinen. Man könnte dann auch auf ein Papier Blau so klar auftragen, daß es wie Himmelblau erschiene und Roth dagegen so dunkel, daß es aussieht wie Carmin in dem Stücke Tusch, welches das Material zur Färbung hergiebt.

Göthe fährt fort: „Wickelt man nun schwarze Fäden um beide oder zieht man schwarze Linien darüber her, so ist es offenbar, daß man mit bloßem Auge die schwarzen auf dem hellrothen Grunde in ziemlicher Entfernung erkennen kann, wo man eben diese Linien auf dem dunkelblauen noch nicht erkennen wird."

Dies ist ganz richtig, bezieht sich aber nicht auf Blau und Roth, sondern auf Hell und Dunkel. Wickelt man einen Seidenfaden um ein Stück Karmintusch und um eine Rolle himmelblaues Papier, so wird man die schwarzen Fäden auf einem blauen Grunde in viel größerer Entfernung unterscheiden als auf rothem, dies beweist also nichts, der Versuch ist nicht

mit dem redlichen Willen zu prüfen und sich selbst zu belehren, sondern mit dem unredlichen Willen, Andere von einer vorgefaßten Meinung zu überzeugen, gemacht, er ist also werthlos, nichts beweisend.

Interessant sind aber Beobachtungen, welche Göthe hieran knüpft (auch in der Voraussetzung, Newton damit zu schlagen, in welcher wir sie nicht anerkennen können), indem sie bezüglich auf das Auge und das Sehvermögen Thatsachen enthalten, die man sonst nicht ausgesprochen findet. Er sagt:

„Man denke sich zwei Männer, den einen im scharlachrothen, den andern im dunkelblauen Rock, beide Kleider mit schwarzen Knöpfen. Man lasse sie beide neben einander die Straße herauf gegen den Beobachter kommen, so wird dieser die Knöpfe des rothen Rockes viel eher sehen als die des blauen und die Personen müssen schon nahe sein, wenn beide Kleider mit ihren Knöpfen dem Auge gleich deutlich erscheinen sollen."

„Oder: man theile eine viereckige Fläche in vier gleich große Quadrate, gebe einem jeden eine besondere Farbe, ziehe schwarze Striche über sie alle her und betrachte sie in gewisser Entfernung mit dem bloßen Auge oder mit einer Lorgnette, man verändere die Entfernung und wird durchaus finden, daß die schwarzen Fäden dem Sinne des Auges früher oder später erscheinen, keineswegs weil die verschiedenen farbigen Gründe besondere Eigenschaften haben, sondern bloß insofern, als der eine heller ist als der andere. Nun aber, um keinen Zweifel übrig zu lassen, wickle man weiße Fäden um die verschiedenen farbigen Papiere, oder man ziehe weiße Linien darauf und die Fälle werden nunmehr umgekehrt sein. Ja, um sich völlig zu überzeugen, so abstrahire man von aller Farbe und wiederhole das Experiment mit weißen, grauen und schwarzen Papieren und immer wird man sehen, daß bloß der Abstand des Hellen und Dunklen Ursache der größeren oder geringeren Deutlichkeit sei."

Dies Alles läßt sich nicht bestreiten und es sind hier Experimente höchst einfacher Art angegeben, welche ein Jeder machen kann und wodurch ein Jeder sich überzeugen kann, daß die Bedingungen des deutlichen Sehens von Aeußerlichkeiten abhängen, an welche man in der Regel gar nicht denkt.

Nur um Newton's Behauptung zu widerlegen, dienen sie nicht und im Gegentheil führt Göthe den aufmerksamen Leser auf ein Experiment, welches so rein ist wie Göthe verlangt und welches Newton's Ansicht bestätigt.

Göthe sagt: „Man nehme doch einmal, nicht wie Newton verlangt, Linien für Bilder, sondern man setze an deren Stelle wirkliche Bilder, weiße

Quadrate in Hellroth, Dunkelblau, Schwarz und sehe, in welcher Farbe sie am deutlichsten erscheinen." Da hier wieder die unredliche eingeschobene Bedingung mit Hellroth und Dunkelblau, welche Newton gar nicht kennt, zum Vorschein gebracht wird, so wird natürlich von diesem Experiment sich Niemand überzeugen lassen können, allein nach Göthe's Angabe lege man solche Quadrate, Gelb, Roth, Violett, Blau, Grün, in gleicher Helligkeit abgetönt, neben einander auf schwarzes Papier und sehe nun nicht mit dem Auge darauf, welches sich leicht täuschen läßt, sondern man fange die Bilder, welche von der Sonne beschienen ein sehr schönes Object für eine Camera obscura geben (ein Instrument, dessen Gebrauch wohl ein Jeder kennt und dessen Bekanntschaft wir wohl voraussetzen dürfen) mit einer solchen auf. Hier, wo man nach Zoll und Linie messen kann, wird sich herausstellen, daß nicht Hell und Dunkel, sondern daß die Farbe es ist, welche eine verschiedene Entfernung des Bildes von der Camera obscura oder des auffangenden Glases von der Linse fordert. Das Auge unterscheidet mit Hülfe solch eines Apparates die feinsten Nüancen, denn die Empfindlichkeit dieses Organs ist ganz wunderbar, das geht schon aus den vielen tausend Stiften des Farbenkastens zur römischen Mosaik hervor, das man aber auch noch auf manche andere Weise anschaulich machen kann.

Das Thaumatrop.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß wenn man eine Kohle, deren eines Ende glimmend ist, an einem Bindfaden im Kreise schwingt (wie eine Schleuder), man nicht einen Funken, sondern eine gekrümmte Lichtlinie sieht. Es kann so weit gehen, daß man die Kohle überall im Kreise sieht, daß sie einen ganzen Kreis zu beschreiben scheint, wenn die Schwingung rasch genug geschieht, d. h. wenn man den Arm so schnell bewegt, daß in einer Secunde die Schwingung zwischen vier und fünfmal bewerkstelligt wird.

Es rührt dies daher, daß der Eindruck, den das Auge von irgend einem Gegenstande erhält, nicht momentan vorübergeht, sondern eine kurze Zeit dauert. Es beträgt dies allerdings nur $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ Secunde, allein es ist eine meßbare Zeit.

Man hat allerlei Veranstaltungen, welche dieses versinnlichen, die Thatsache feststellen. Eine der ältesten bietet das sogenannte Thaumatrop; es ist eine runde oder viereckige Pappscheibe von etwa 2 Zoll Durchmesser, auf deren einer Seite ein senkrechter, auf deren anderer Seite ein horizontaler, dicker Strich gezogen ist. Man muß die Vorsicht dabei anwenden,

daß man vor dem Zeichen in der Mitte der Scheibe einen Nadelſtich macht und dieſen dann auch als Mittelpunkt für die beiden Striche braucht; auf der einen Seite ſieht man alſo einen Strich ſo |, auf der anderen ſo —.

Liegen die Mitten der Striche auf einander und in der Drehungsaxe, ſo ſieht man beim Umdrehen bald den horizontalen, bald den verticalen Strich. Dreht man die Scheibe aber ſehr ſchnell, ſo wird das Auge ſich der abwechſelnden Erſcheinung nicht bewußt, ſondern es ſieht beide zugleich, es ſieht ein Kreuz.

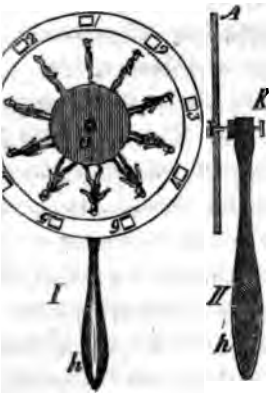
Die ſchnelle Umdrehung wird dadurch bewirkt, daß man auf zwei gegenüberſtehenden Seiten des Quadrats in ganz gleicher Entfernung von der Seite, zwei Löcher bohrt, dünnen Bindfaden hindurchzieht und in gleichen Längen (etwa 2 Fuß für jede der beiden Seiten) feſtknüpft. Wenn man nun dieſe Fäden aus einander hält mit beiden Händen und die Scheibe etwa 20 Mal nach einer Seite dreht (wodurch doch die Schnüre mitgedreht werden), dann aber die Schnüre raſch aus einander zieht und wieder zuſammengehen läßt, wieder aus einander zieht ꝛc., ſo dreht ſich bei dem erſten Zuge die Schnur auf und die dadurch raſch in Bewegung geſetzte Scheibe dreht ſich eben ſo viel nach der entgegengeſetzten Seite, wenn man zu rechter Zeit nachgiebt und wenn man die Schnur nun abermals ſpannt, wiederholt ſich das Spiel, welches die Knaben auf den Straßen mit einer thalergroßen Bleiplatte ſehr geſchickt zu machen wiſſen und worin ſich auch der größte Gelehrte nach kurzer Zeit eine gewiſſe Uebung verſchaffen kann.

Auf ſolche Art nun kann man nicht allein ein Kreuz, ſondern hundert verſchiedene Bilder darſtellen, zwei Hähne, die ſich beißen, einen Reiter auf dem Pferde, einen Papagei in einem Ringe u. ſ. w., indem auf der einen Seite das Pferd, auf der anderen der Reiter zu ſehen iſt, und auf ſolche Art kann man zeigen, daß der Eindruck, den das Auge von einem Gegenſtande empfängt, nicht momentan, ſondern eine Zeit lang dauernd iſt.

Die ſtroboſkopiſche Scheibe.

Eine ſehr viel zierlichere, anmuthigere Spielerei läßt ſich auf dieſen dauernden Eindruck gründen und hat eine Zeit lang, gegen die Mitte und das Ende der dreißiger Jahre ein ſehr allgemeines Aufſehen erregt, es iſt die von Strampfer in Wien erfundene ſtroboſkopiſche Scheibe, welche in Fig. 361 von der Seite und von vorn dargeſtellt iſt.

Fig. 361.



Man ſieht eine Scheibe von der Größe von 8 bis 12 Zoll im Durchmeſſer, es giebt deren größere und kleinere. In der zweiten Figur ſieht man, daß die Scheibe *A* an einem Handgriff *h* ſeitlich befeſtigt iſt, ſo daß eine Axe dieſer Scheibe auf dem oberen Theile bei *K* drehbar iſt. Die Axe hält die Scheibe ganz feſt, ſie ſelbſt (die Axe) iſt aber in dem Stiel leicht beweglich und muß durch einen Knopf *K* zwiſchen den Fingern ſich in raſche Drehung verſetzen laſſen.

Die Scheibe hat an ihrem äußerſten Rande viereckige Oeffnungen 1, 2, 3 ꝛc.; ſtehen ſo weit aus einander, daß man gerade mit beiden Augen zugleich ıem durch zwei verſchiedene ſehen kann. Hiernach richtet ſich auch die ahl der Löcher, die bei einer Scheibe von 8 Zoll Durchmeſſer 12 ſein ɔ, bei 12 Zoll Durchmeſſer aber 18; wer dieſe Verhältniſſe nicht ein-, wird keine vollkommene Wirkung erhalten.

Der innere Raum der Scheibe wird in ſo viele Sectoren getheilt als Scheibe Löcher hat und in jeden Sector zeichnet man eine Figur ganz gleicher Art, nur in verſchiedener Stellung. Fig. 362 wird bei einem einfachen Gegenſtand dies deutlich machen. Unter jeder Oeffnung ſieht man einen Punkt, daran eine Linie und nach der Mitte zu einen größeren ſchwarzen Punkt, den man für eine Kugel anſehen kann. Das Ganze iſt ein Pendel. Ganz oben hat die Kugel die größte Ablenkung von der geraden Linie, daneben iſt die Abweichung geringer und wenn man ſich die Scheibe ſo gedreht vorſtellt, daß die linke Seite ſich immerfort erhebt, indeß die rechte Seite unterſinkt, ſo wird man bei

Fig. 362.

dritten Stelle den Pendel ſenkrecht hängend finden, weiter abwärts ɛitet er nun nach der entgegengeſetzten Seite aus, erhält die größte Abhung von der geraden Linie, wenn man ſich vorſtellt, daß diejenige lle, welche am Stiel ſitzt, nach oben kommt, nun nimmt die Ausſchreiɜ des Pendels wieder ab, ſie wird bei der ſiebenten Oeffnung gänzlich ɔören, indem der Perpendikel wieder gerade hängt, dann ſchreitet ſie abers weit und weiter aus ꝛc. ꝛc.

Sieht man nun (stellen wir uns die Zeichnung Fig. 361 vor) so durch die Löcher der Scheibe, daß die Augen bei *A* stehen und sieht man durch diese in einen Spiegel, so gewahrt man sich gegenüber, wie natürlich, das Bild der Scheibe mit ihren Zeichnungen (Pendel oder sonst etwas).

Sobald man aber Daumen und Mittelfinger an den Knopf legt und die Scheibe dreht, sieht man nicht mehr die einzelnen Striche, sondern man sieht acht Pendel, welche auf das Lebhafteste hin und her schwingen, oder man sieht, wie auf der ersten Figur, einen Mann, welcher läuft; es ist hier ein Mann gezeichnet in den verschiedenen Stellungen, welche er während des Laufens annimmt, von da, wo während desselben die beiden Beine einander decken, so daß man die Figur ganz von der Seite sehend nur ein Bein wahrnimmt, bis dahin, wo durch allmälige Zunahme der Bewegung die beiden Beine die größte Entfernung von einander haben bis zu dem Zeitpunkt, wo sie wieder an einander vorbeigehen und man also nur eins zu sehen glaubt.

Da der Eindruck, den die Bilder auf der Netzhaut machen, nicht augenblicklich vorübergeht, so reicht der eine bis dahin, wo der andere kommt und dieser bis dahin, wo der dritte Eindruck kommt, und so hat man zuletzt einen Gesammteindruck aller nach einander, welcher sich gestaltet nicht zu vielen Theilen eines Bildes, sondern zu einem Bilde eines bewegten Gegenstandes, also eines laufenden Menschen, eines galoppirenden Pferdes, eines tanzenden Paares, eines sich drehenden Rades, eines durch einen Reif springenden Hundes u. s. w.

Die Sache läßt sich hundertfältig abändern und ist so belehrend als unterhaltend, ist auch durch Müller benutzt, um die Gesetze der Wellenbewegungen und die Schwingungsgesetze der Schallwellen anschaulich zu machen. Im Großen hat man den Apparat zu Schaustellungen benutzt, man hat ihm jedoch eine andere Einrichtung gegeben, bei der nur immer ein Bild zu sehen ist, nicht alle, welche auf der Scheibe stehen.

Man macht dies dadurch möglich, daß man die sämmtlichen Bilder, welche zur auf einander folgenden Ansicht kommen sollen, in gleichen Abständen auf einen großen Cylinder klebt, welcher nur um ein Geringes höher ist als die Bilder (die man übrigens recht schön groß, fußgroß machen kann) und auf einer horizontal liegenden Scheibe um eine vertical stehende Axe drehbar ist. Rund um diesen Cylinder, den der Verfasser in Frankfurt a. M. zur Schau ausgestellt (von 18 Fuß Durchmesser) sah, ist ein zweiter Cylinder gelegt, so nahe, daß er den ersten inneren nicht berührt, ihn nicht am freien Laufen hindert, aber doch nahe genug, um kein falsches Licht, um kein Licht von den Seiten her auf die Fläche hinter demselben, auf die

Uber fallen zu lassen. In diesem äußeren Cylinder sind so viele Löcher
der innere Cylinder Bilder auf seinem Umkreise hat, die Oeffnungen
gerade so groß wie das ganze Bild ist, wenn es etwa in einem runden,
len oder viereckigen Raume enthalten wäre. Die ovale oder viereckige
ffnung ist auch mit einem Rahmen umgeben, in welchen man, wenn die
aschinerie still steht, überall ein Bild sieht, falls nicht etwa die Fläche
schen zwei Bildern gerade vor einer solchen Oeffnung steht, da dann
rdings alle Oeffnungen ohne Bild wären.

In dem Abstand von etwa 2 Fuß von diesem Kreise ist nun eine
kastenartige Vorrichtung jeder Oeffnung gegenüber angebracht, welche
ch schwarze Schirme von allen Seiten hindert, etwas anderes als gerade
den Rahmen mit der eingeschlossenen bildlichen Darstellung zu sehen.
er Saal, worin diese ziemlich geräumige Vorrichtung steht, ist nur schwach
leuchtet, neben jeder Guckkastenöffnung aber sind zwei Lampen angebracht,
lche das Bild der Oeffnung gegenüber sehr scharf beleuchten, indeß der-
nige, der durch die Guckkastenöffnung sieht, doch von den Lampen nichts
merkt.

So steht die Sache! Die Zuschauer, deren bei einer so großen Maschi-
rie einige Dreißig Platz nehmen können, sitzen an ihren Gucklöchern. Nun
ngen die innersten Kreise an sich zu drehen und alsbald kommt ein zweites,
ittes, zwanzigstes Bild nach einander an der nämlichen Oeffnung, die mit
nem Rahmen eingefaßt ist, zum Vorschein, jedes derselben läßt einen etwas
dern Eindruck auf das Auge zurück, nach einander aber scheinen sie in
n einziges Bild überzugehen, welches, wenn es geschickt gemalt ist, Leben
d Bewegung zu haben scheint, in einem so hohen Grade, daß man an
auberei zu glauben geneigt wird und der Verfasser auch viele Personen
– d. h. gebildete Leute, nicht Butter- und Eierhändler — vergeblich über
ie Wirkung zu unterrichten, aufzuklären versucht hat. Sie behaupteten,
enn auch nicht, daß Hexerei damit im Spiele sei, so doch daß der Künstler
n geschickter Mechanikus und Maschinist und eben so guter Taschenspieler
i, daß er bewegliche Bilder fertig habe, die er mit den gemalten im
ugenblick, wo die Täuschung beginnen solle, auf eine geschickte, ihnen noch
icht ganz erklärliche Weise verwechsele, escamotire.

Sah man an der geschwungenen Kohle oder dem Thaumatrop, daß
r Eindruck, den ein erleuchteter, Licht aussendender Gegenstand auf das
uge mache, kein augenblicklich vorübergehender, sondern ein dauernder sei,
sieht man hieran, daß der Eindruck, den das Auge verlangt, um zu
hen, ein überaus kurzer sei, daß er für unsere Hülfsmittel unmeßbar
rz sei.

Viele Lehrer der Physik, sogar solche, die Lehrbücher geschrieben haben, sagen: daß unser Auge nicht für sehr kurze Eindrücke empfänglich sei, geht daraus hervor, daß man die Kugel, welche aus dem Kanon, aus der Flinte komme, nicht sehe. Es ist beinahe unbegreiflich, daß in der Mitte des 19. Jahrhunderts dergleichen gedruckt werden kann, da man doch weiß, daß schon der zehnmillionste Theil einer Secunde hinreiche, um auf das Auge einen so starken Eindruck zu machen, daß er das Bewußtsein „ich sehe" erweckt.

Daß wir die Kanonenkugel, welche abgeschossen ist, nicht sehen, kommt nur daher, daß sie nicht leuchtet, sie ist schwarz. Eine Bombe sehen wir ganz gut bei Nacht und wenn die Kanonenkugel glühend wäre, bei Nacht abgeschossen würde und wir auch nicht ihre Bahn verfolgen könnten wie bei der Bombe, welche uns einen Strich, einen leuchtenden Bogen zu beschreiben scheint, sondern die Kugel bei einem Schirm vorbeiflöge und ihr weiterer Verlauf durch einen zweiten Schirm gedeckt wäre, so würden wir die Pulverkugel dennoch sehen, denn sie braucht, um den Weg von 1 Fuß zurückzulegen, den 600sten Theil einer Secunde, wir nehmen aber Dinge wahr, die zu ihrer Erscheinung nur Milliontheile einer Secunde brauchen.

Die hierher gehörigen Versuche sind mit dem elektrischen Funken gemacht und erinnert der Verfasser an dasjenige, was er über Wheatstone's Messung der Geschwindigkeit der Elektricität gesagt hat. Die Elektricität legt den Weg von 60,000 Meilen in einer Secunde zurück, daraus ergiebt sich, daß sie zu dem Wege von einem Fuß nur den 1500millionsten Theil und zu der Länge eines Zolles den 15,000millionsten Theil einer Secunde braucht, d. h. wenn man die Secunde in 15,000 Millionen Theile zerlegt, so braucht der Funke einer Elektrisirmaschine nur einen solchen Theil einer Secunde zu seinem Erscheinen und Verschwinden. Es mögen diese Berechnungen um mehr als das Tausendfache übertrieben sein, es möge der elektrische Funke zu einem Zoll nicht weniger Zeit brauchen als zu tausend Zollen, als zu 1500 Zollen (wiewohl man doch von 60,000 Meilen in einer Secunde, beobachtend herabgegangen ist auf eine Meile in einer 60,000stel Secunde, man hieraus also wohl auf ein weiteres Fortschreiten in derselben Art dürfte schließen können), so bleibt doch noch immer fest stehen, daß der Funke, wenn nicht den 15,000millionsten, so doch wenigstens den 10millionsten Theil einer Secunde braucht.

Diese Zeit ist genügend, um dem Auge die Möglichkeit zu gewähren etwas vollständig aufzufassen. Wenn man sich in einem ganz finstern Zimmer befindet und darin ein elektrischer Funke erzeugt wird, indem man eine Kleist'sche Verstärkungsflasche entladet, so sieht man in diesem Augen-

ick alle Gegenstände auf das Schärfste. Kehrt man dem Funken das Ge-
ht zu, so sieht man nun schon diesen, wiewohl seine Dauer doch nur den
en angegebenen Theil einer Secunde beträgt, allein das wollen wir gar
cht in Betracht ziehen, weil der Funke wirklich ein starkes, blendendes Licht
t, wir wollen den Fall betrachten, wo man dem Funken den Rücken
dreht.

Alsdann sieht man auf der gegenüberstehenden Wand seinen Schatten
harf begrenzt und in demselben Alles absolut schwarz, weil das Licht des
unkens so außerordentlich hell und doch die Zeit zu kurz ist, um den
iderschein, den Reflex der andern Gegenstände im Zimmer hervorzurufen,
nn aber sieht man neben diesem Schatten Alles, was vom Funken er-
uchtet werden kann, so vollständig erleuchtet als ob man es bei hellem
age sähe.

Daß trotz dieser Erleuchtung doch der Schatten schwarz erscheint, ist
n sehr sicherer Beweis für die außerordentlich kurze Dauer der Lichter-
heinung. Bringt man einen Lichtpunkt durch Berührung zweier Kohlen-
itzen im elektrischen Strome hervor, so ist die Helligkeit außerordentlich
roß, viel größer als bei dem gewöhnlichen elektrischen Funken, der Schatten
üßte also wo möglich noch schwärzer als schwarz sein; allein in diesem
Schatten erkennt man doch alle Gegenstände, auf welche er fällt, denn auch
ei einer ganz kurzen Dauer, die sich auf einen kleinen Bruchtheil der Se-
unde reduciren kann, ist noch so viel Zeit vorhanden, daß reflectirtes
icht von den dem Schatten gegenüber und zur Seite stehenden Wänden
och während der kurzen Dauer seiner Existenz auf ihn fällt; bei der Er-
heinung des elektrischen Funkens ist aber hierzu nicht Zeit, denn das re-
lectirte Licht muß einen doppelten Weg machen, das den Schatten gebende
ur einen einfachen, das reflectirte langt daher später an als das direct
on dem Funken ausgesendete, und wenn es anlangt, ist der Schatten schon
erschwunden, weil das directe Licht, welches ihn erregte, zu kurze Zeit
ährte.

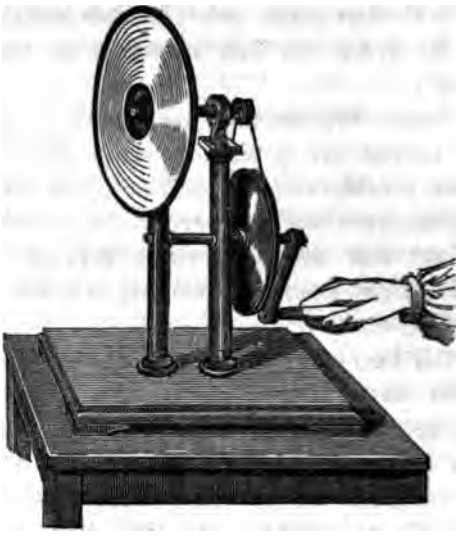
Geht hieraus schon die äußerst kurze Dauer des Lichteindruckes hervor,
elcher genügend ist, in dem Geiste das Gefühl des Sehens zu erwecken,
n durch das Organ des Auges zu empfinden, so hat man doch verstanden,
iesen Zeitraum noch zu verkürzen, um darzuthun, daß noch weniger Zeit
enügend sei.

In der Zeit, in welcher der elektrische Funke erscheint, stehen die Ge-
enstände, auf welche sein Schimmer fällt, vollkommen ruhig, ohne Bewe-
ung. Wenn man sie aber bewegte, so würden sie doch still zu stehen
heinen.

Wir haben den Gegenstand, welchen uns Fig. 363 und 364 zeigt, bereits früher bei der Zerlegung des Lichtes in Farben und der möglichen

Fig. 363.

Fig. 364.



Zusammensetzung des weißen Lichtes aus dem farbigen betrachtet, und können uns ohne nochmalige Beschreibung zu dem Gebrauche wenden, den die Physik von ihm gemacht hat, um die außerordentliche Kürze des Lichteindrucks nachzuweisen.

Der Apparat trägt eine Scheibe, mit sechs verschiedenen Farben bemalt, oder die Scheibe ist in gleich viel weiße und schwarze Sectoren getheilt; wenn man denselben dreht, sieht man die Scheibe hellgrau oder vielmehr weiß.

Geschieht dies im dunklen Zimmer vor einer Elektrisirmaschine, der man kräftige Funken entlockt, so daß sie die farbige Scheibe beleuchten, ohne doch von dem Experimentator gesehen zu werden (da sie das Auge blenden und für den schwächeren Lichteindruck von der Scheibe unempfindlich machen würden), so gewahrt man, wie schnell die Scheibe auch gedreht wird, dieselbe im Augenblick der Erscheinung des Funkens vollkommen stillstehen. Sie gewährt dem Auge nicht den Anblick der einzelnen Scheibe (Fig. 363, die neben dem Apparat abgebildet ist, sie schillert nicht, sie spielt nicht in Farben, sondern die sechs buntfarbigen Sectoren oder die beliebig vielen schwarzen und weißen stehen unbewegt und ohne eine Spur des Rückens aus ihrer Stelle fest wie angemauert.

Wenn die alten griechischen Sophisten dies Experiment gekannt hätten,

so würden sie es als einen practischen Beweis für den viel belachten Satz „Bewegung ist eine Summe von Ruhe“ gebraucht haben. Der Pfeil fliegt vom Bogen zum Ziele, auf dem ganzen Wege muß er in allen Punkten gewesen sein, dies ist ohne Verweilen nicht möglich, er hat also in jedem Punkte eine Zeit lang geruhet und ist endlich durch eine sehr große Menge von Punkten, in denen er geruht hat, zum Ziele gelangt, die Summe aller dieser Ruhe ist seine Bewegung.

In dem vorliegenden Experiment sieht man nun wirklich den heftig bewegten Körper während der Dauer der Lichterscheinung ruhen und wenn man eine gut ausgebende Elektrisirmaschine hat, welche schnell hinter einander kräftige Funken giebt, wenn man ferner eine Scheibe hat, welche zur Hälfte weiß, zur Hälfte schwarz ist, so sieht man, während die Funken rasch auf einander folgen, sehr gut, wie bei jedem folgenden Funken die Scheibe anders steht als vorher, aber man sieht sie nicht gehen, nicht rücken, man sieht sie nur stehen und nichts weiter; es ist also doch wirklich Ruhe da und die Bewegungen entstanden durch alle die auf einander folgenden Ruhen, vor allen Dingen aber sehen wir, welch ein unendlich kleiner Zeitraum genügt, um auf das Auge einen Eindruck zu machen.

Optische Instrumente.

Das einfache Mikroskop.

Wir werden uns vorzugsweise mit solchen optischen Instrumenten beschäftigen, welche zur Vergrößerung naher oder ferner Gegenstände dienen, d. h. mit Mikroskopen und Teleskopen.

Um einen nahe liegenden aber kleinen Gegenstand deutlich zu sehen, genügt das bloße Auge niemals, auch bei sehr kurzsichtigen Personen nicht; ein gutes Auge erkennt wohl die Essigaale in der durchsichtigen Flüssigkeit, die Hydrarchosungeheuer unter den Infusorien, aber nicht die Räder- und Kugelthierchen, man bedarf dazu eines Instrumentes, welches das deutliche Sehen in größter Nähe ermöglicht; dies ist zuerst die einfache Loupe, ein doppelt convexes Glas von größerer oder geringerer Krümmung; je stärker diese Krümmung ist, desto näher liegt der Focus am Glase und desto bedeutender ist die Vergrößerung. Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, sehr kleine Gläser zu schleifen, welche nicht größer sind als die Frucht, von welcher sie den Namen haben — ja Gläser, welche viel kleiner als die kleinsten Linsen sind.

Die mühsamsten und sorgfältigsten Untersuchungen dankt man Gelehrten wie Swammerdam, Leeuwenhoek, Steph. Gray, und diese bedienten sich stets nur des einfachen Mikroskopes, d. h. einer Linse von möglichster Kleinheit. Leeuwenhoek schliff sich dergleichen selbst und brachte sie zwischen zwei dünne Silberblättchen, die er vorher mit einer Nadel durchstochen hatte; Swammerdam bediente sich kleiner Kügelchen, die er aus einem Glasfaden zusammenschmolz. Dies gelingt ganz leicht in der Lichtflamme. Man macht ein feines Streifchen von recht reinem Tafelglase in der Lichtflamme hellroth glühend und zieht es zu sehr dünnen Fäden aus. Bringt man solchen Glasfaden in die äußere Gasumhüllung der Lichtflamme, so schmilzt es sofort zu einem Kügelchen zusammen, welches eine um so regelmäßigere Form hat, je kleiner es ist. Solch ein Kügelchen setzt man in einen Streifen dicken Tabaksbleies, so daß derjenige Theil, mit welchem das Kügelchen an dem Glasfaden gesessen hat, seitwärts zu liegen kommt. Steph. Gray machte die Sache noch einfacher und erfolgreicher. Er stach

:ch solches Tabaksblei mit einer Nähnadel ein Loch, tauchte dann die delspitze in Terpentinöl oder Wasser, nahm ein Tröpfchen dieser Flüssig- heraus und setzte dies in die mit der Nadel gestochene Oeffnung, wo- :ch er ein einfaches Mikroskop von erstaunlicher Wirkung hatte. Wenn Wasser aus einem Teiche nahm, so konnte er die in der Loupe selbst haltenen Thierchen außerordentlich deutlich sehen, indem die hintere, vom ge abgekehrte Seite wie ein Hohlspiegel wirkte.

Im Sinne der Astronomen findet durch eine Loupe gar keine Ver- ßerung statt, denn diese besteht darin, daß man den Winkel, unter dem Gegenstand gesehen wird, vergrößert, aber durch eine Loupe geschieht s nicht, ich sehe eine Stecknadelspitze 1 Zoll weit von meinem Auge 9 mal dick als 9 Zoll weit davon, dies leistet die Loupe von 1 Zoll Brenn- :te und sonst nichts — allein ich sehe in 1 Zoll Entfernung vom Auge hl statt einer Stecknadel eine fingerdicke Messingstange, allein ich sehe die ange nicht deutlich und hierzu hilft die Loupe. Daß dies deutliche hen allein die Wirkung des Glases ist, kann man so beobachten, daß n durch ein Kartenblatt mit einer Nadel ein Loch sticht und dann die del durch dies Loch betrachtet, hier wird man sie auch ohne Loupe sehr größert und deutlich sehen, weil durch die kleine Oeffnung die überflüs- :n Strahlen, welche das Bild verwirren, abgeschnitten werden.

Man hat verschiedene Vorrichtungen, um die einfachen Linsen bequem ;uwenden. Eine derselben heißt das Zirkelmikroskop, weil es ungefähr taltet ist wie ein Zirkel; nur hat es statt der einen Spitze einen Ring, welchen die Loupe gesetzt werden kann. Auf die andere Spitze (die auch hl durch eine Pincette ersetzt wird) bringt man den Gegenstand, welchen n betrachten will und hat es nun in seiner Gewalt denselben dem Auge weit zu nähern, daß durch die Loupe ein deutliches Sehen vermittelt wird.

Auf diese Weise pflegt auch die Lieberkühn'sche Erhellung angebracht werden, der kleine Hohlspiegel mit der Loupe in seiner Mitte, ist an em Fuß des Zirkels befestigt, der zu betrachtende Gegenstand am andern.

Die Entfernung, in welche der Gegenstand gebracht werden muß, wech- t nach der Schärfe des Auges, für eine Normallänge muß derselbe im cus der Linse stehen, für einen Weitsichtigen außerhalb, für einen Kurz- ;tigen innerhalb dieser Brennweite.

Die gedachten Mikroskope haben alle die Unbequemlichkeit, daß man halten muß, wodurch ein Schwanken des Bildes entsteht. Zwar ist bei n Zirkelmikroskop schon viel gewonnen, indem Glas und Gegenstand in : Hand des Beobachters zugleich und in demselben Sinne sich bewegen, h hat die ganze Beobachtungsart schon viel Unbequemes, wiewohl auch

wieder die Lieberkühn'sche Erhellung sich kaum anders anbringen läßt, es sei denn, daß man das Bewegungsgelenk des Zirkels auf einen feststehenden Fuß setzt.

Fig. 365.

Solcher Unbequemlichkeit wird durch den nebenstehenden Apparat, Fig. 365, abgeholfen. Auf einem Metallklotze steht ein Meſſingrohr, an deſſen oberem Ende ein Arm DB befindlich, welcher in ein Tischchen oder in einem Ringe endet, auf welchen man die schmale, dünne Glastafel C legt, die bestimmt ist, die Objecte zu tragen; sind sie jedoch durchsichtig, so müssen sie von unten her erleuchtet werden — dazu dient ein Metallspiegel M, hohl geschliffen, so daß seine Focalweite um ein Geringes größer ist als sein Abstand an dem Objectenträger B. Die auf ihn fallenden Strahlen des Tageslichtes werden nach BC hin concentrirt und erhellen den Gegenstand von unten her sehr lebhaft; um Alles genau ordnen zu können, ist daher der Spiegel durch Gelenke beliebig zu stellen.

Innerhalb des Rohres, welches diese beiden Gegenstände hält, befindet sich eine gezahnte Stange, welche durch den Knopf D und das daran befindliche Getriebe auf und ab bewegt werden kann. Auf dem Gipfel dieser Stange ist ein dritter Arm befestigt, welcher vorn die Loupe trägt. Der Arm kann durch die Schraube D vertikal bewegt werden, hierdurch nähert oder entfernt man ihn von dem Objectenträger DB und kann ihn also für jedes Auge in die richtige Lage bringen. Der Knopf an diesem oberen Arm dient, da er eine Schraube hat, denselben ein wenig zu verlängern oder zu verkürzen, um ihn auf solche Weise genau über das Object, welches man betrachten will, zu schieben.

Bei der Beobachtung durch die Loupe hat man sehr darauf zu sehen, daß das Auge möglichst dicht an dem Glase liege und der Gegenstand sich ungefähr in der Nähe des Focus befinde (dies richtet sich ganz nach dem Auge und muß ausprobirt werden). Die meisten Leute wissen mit solchem Glase nicht umzugehen, sie behandeln es wie ein Leseglas, sie legen den Gegenstand auf den Tisch, bleiben mit dem Auge ein paar Fuß weit davon und halten das Glas nahe an den Gegenstand, statt daß sie es dicht vor das Auge bringen und denselben so fern halten müßten, daß ein deutliches Sehen dadurch erfolgt. Wer Leute beobachtet, welche viel mit der

upe arbeiten müssen, wie z. B. Uhrmacher, der wird die vortheilhafteste ehandlung dieses Instruments sofort inne haben.

Eine sehr hübsche Art von Loupen ist die cylindrische; an die beiden kreis-rmigen Flächen eines kleinen Glascylinders, der an der langen Seite matt schliffen oder mit Papier überklebt ist, sind kugelförmige Segmente ange-liffen, welche gerade von einer solchen Krümmung sind, daß die Focal-ite mit der Länge des Cylinders überein stimmt, so daß man also nicht suchen braucht, wo das Object hinkommt, sondern es an die eine Ober-che bringt, indeß man durch die andere danach sieht. Das einzige Un-genehme dabei ist, daß sie immer nur für ein bestimmtes Auge sind und ß ein Anderer sie nicht wohl brauchen kann, wenn sein Auge nicht gerade selbe Focalweite hat, wie das des Käufers.

Zusammengesetzte Mikroskope.

Man schreibt die Erfindung derselben dem Brillenschleifer Zacharias nsen in Middelburg zu, von dem auch die Erfindung der holländischen er galliläischen Fernröhre herrührt und da die ersten zusammengesetzten ikroskope wahrscheinlich nichts Anderes waren, als solche Fernröhre auf he liegende Gegenstände angewendet, so möge hier Platz finden, was Sage darüber erzählt.

Der Brillenschleifer befand sich in seinem Arbeitszimmer beim Schleifen n Gläsern, als sein Sohn, mit unbrauchbar gewordenen Gläsern spielend, selben vor die Augen hielt und sich damit unterhielt, zu sehen, wie die egenstände sich dadurch veränderten, plötzlich rief er aus: „Vater, siehe mal, der Wetterhahn kommt vom Thurme herunter!"

Der Vater sah sich um und bemerkte, daß sein Sohn zwei Gläser vor nander, das eine näher, das andere ferner vom Auge und hielt nach der hurmspitze sah. Er nahm die Gläser, hielt dieselben eben so und bemerkte s Nämliche, d. h. die Fahne des Thurmes erschien ihm drei Mal so groß er drei Mal so nahe.

Es war ein convexes und ein concaves Brillenglas von sehr großer chärfe, von sehr starker Höhlung. Der Mann setzte mehrere dergleichen n verschiedenen Dimensionen zusammen und bildete so dasjenige Fernrohr, elches man zuerst anwandte, von welchem später Galilei hörte und nach r ungefähren Andeutung, die er darüber erhielt, es zum zweiten Male fand, daher es auch nach ihm genannt wird.

Weiteres werden wir bei dem Art. v. dem Fernrohre finden, hier nur noch r Geschichte des zusammengesetzten Mikroskops, daß dies ursprünglich etwas

ganz Aehnliches gewesen zu sein scheint. Wilh. Boreel, ein sehr gescheidter Diplomat Hollands, erzählt, er habe im Jahre 1619, da er Gesandter in England gewesen, bei seinem Freunde Cornelius Drebbel ein von Jansen gefertigtes Mikroskop gesehen, welches Drebbel von dem Erzherzog Albrecht von Oestreich bekommen, dasselbe sei 6 Fuß lang, 1 Zoll weit, von vergoldetem Kupfer gewesen und habe mittelst dreier messingener Delphine auf einem Würfel von Ebenholz geruht, auf welchen man auch die zu betrachtenden Gegenstände gelegt habe. Montucla, ein berühmter Mathematiker und Astronom des vorigen Jahrhunderts, behauptet in seiner Histoire de mathematiques, es habe, wie die ersten Fernrohre, aus einem Convex- und einem Concavglas bestanden.

Fig. 366.

Wenn dies früher wirklich der Fall gewesen, so ist man doch längst von dieser unpractischen Methode abgegangen, man macht die Mikroskope nicht mehr so lang und nimmt nicht Concavgläser in die Zusammensetzung auf, sondern macht dieselben lediglich aus Convexgläsern, deren man zwei, drei und mehrere zusammen fügt, um starke Vergrößerungen zu erhalten.

Es kommt auf die äußere Form wenig an, doch ist man im Allgemeinen über die nebenstehende, Fig. 366 oder die nächstfolgende, Fig. 367, übereingekommen, nach welcher Schiek in Berlin, Nobert in Greifswald und Fraunhofer in München die ihrigen verfertigten, so daß nur wenig Abweichungen gefunden werden. Jeder der Genannten, welche man für die ersten Arbeiter in diesem Fache hält, wird vielleicht sagen, ich mache meine Mikroskope nicht so, dennoch ist, was daran als anders nachgewiesen werden kann, vielleicht ein anderer Fuß, eine andere Bewegungsart, das System ist überall dasselbe.

Wir sehen ein Gestelle von Metall, welches unten den Hohlspiegel,

rüber den Objectenträger hat. Dieſer beſteht aus einer Bahn, in welcher s eingefaßte Glas leicht und bequem geſchoben werden kann. Unter dem laſe iſt eine Kreisſcheibe mit mehreren, an Größe verſchiedenen Oeffnungen gebracht, welche ſo gedreht werden können, daß die eine oder die andere eſer Oeffnungen unter die Mitte des Objectenträgers gelangt, wodurch man Stande iſt, die Beleuchtung durch den Hohlſpiegel nach Belieben zu ändern, zu erweitern oder zu verengern, auf einen beliebig kleinen Raum beſchränken.

Ueber dem Objectenträger erhebt ſich ein ſtarker Arm, welcher den entlichen Körper des Mikroſkopes zu halten beſtimmt iſt. Dieſer Arm nun meiſtens ſehr verſchieden geſtaltet und geſtellt, häufig ſteht er ganz geſondert von dem Objectenträger hinter demſelben, ein andres Mal ſieht aus wie die Fortſetzung der beiden Füße, welche das Objectentiſchchen gen, noch ein andres Mal iſt es ein dreikantiges Prisma, woran zwei rſchiebbare Arme ſchweben, welche das Mikroſkop halten — dies Alles b ganz unweſentliche Sachen, deren nähere Betrachtung uns nicht auf- lten darf.

An dem Arme ſieht man oben den Kopf eines Getriebes, eines kleinen ahnrades, welches in die gezahnte Stange eingreift, deren Enden man en und unten aus dem breiteſten Theile des Armes herausragen ſieht.

Dieſe Zahnſtange iſt an dem Körper des Mikroſkops feſtgelöthet und nt dazu, vermittelſt des Triebes den Körper beliebig zu heben und zu nken, d. h. ihn dem Objectenträger zu nähern oder von ihm zu entfernen.

Der Körper hat oben und unten wahrnehmbare Abſtufungen, die un- en ſind die Faſſungen für die kleinen Linſen, die oberen ſind Röhren, um n Hauptkörper des Mikroſkopes zu verſchieben, ſie tragen die Gläſer des culars, die Augengläſer, mittelſt deren das Bild, welches die Linſe von m Gegenſtande giebt, noch um ein Bedeutendes vergrößert wird.

Oben an dieſem Abſatze iſt ein Knopf, der zu einem Trieb gehört, ittelſt deſſen die innere Röhre in der äußeren verſchoben werden kann, eil die Oculare nicht in einer feſtſtehenden Entfernung von den Linſen iben können, da, je nachdem die Linſen mehr oder minder vergrößern, das ild, welches durch die Oculare betrachtet werden ſoll, an einen andern unkt fällt.

Die Stellung, die das Mikroſkop hat, iſt nicht ganz bequem, man hat swegen ſolche in horizontaler Lage angegeben und andere, die ſchräg ge- llt ſind. Die Fig. 367, Seite 558, zeigt ein ſolches, das die beiden tellungen in ſich vereinigt, es iſt um eine Axe beweglich. Der Fuß trägt, e man ſieht, nicht die Objecte, den Spiegel oder einzelne Theile, ſondern

das ganze Mikroskop mit all seinem Zubehör um eine Axe, welche man aus den verschiedenen Köpfen der Schraube sofort heraus findet, drehbar. An dieser Axe A ist zunächst ein viereckiger Kasten BC und in diesem sind die andern Theile verschiebbar. Auf dem Kasten aufrecht steht der Objectenträger D, an welchem durch die Schrauben E, F, G und H die einzelnen Platten und Schieber nach Belieben und Bedürfniß gestellt werden können; H z. B. vermittelt die Annäherung der Objectenplatte an den Spiegel K durch die Bahn O.

Fig. 367.

Indeß dieser viereckige Kasten mit seinem Aufsatz in der Axe beweglich, ist durch die in dem Kasten wohl eingeschliffene Schiene MO das ganze Mikroskop auf und ab beweglich, so daß man MN, einen auf MO senkrechten Arm, welcher den Körper des Mikroskopes trägt, zugleich mit dem Spiegel K und in einer gleichbleibenden Entfernung der beiden Stücke, hin und her bewegen kann.

Die aufrecht stehenden Theile PQ des Fußes, zwischen denen das Mikroskop beweglich, sind so hoch, daß allenfalls auch eine vollkommen senkrechte Stellung möglich, da man dann an dem Beobachtungstische wird stehen müssen, in der andern Lage kann man mit mehr Bequemlichkeit sitzend arbeiten und es kommt natürlich darauf an, was man für Objecte hat (durchsichtige oder undurchsichtige), wie man das Mikroskop stellen soll, um das günstigste Licht zu erhalten.

Die Art, in welcher die Vergrößerung der Objecte hervorgebracht wird, ist folgende.

Vor den zu betrachtenden Gegenstand wird eine sehr kleine Linse gehalten, wir sehen dieselbe in der Fig. 368, Seite 559, ganz unten mit o bezeichnet. Es sind dort zugleich mehrere Linsen angedeutet, welche statt

früher gebräuchlichen einen von geringeren Dimensionen angewendet :den. Von diesen zusammengesetzten Linsen werden wir ein Näheres ıgen, für jetzt ist es gleichgültig, ob es eine oder mehrere sind, die Strahlen en aus dem Punkte *o* auf die Linse und werden gebrochen, wie der Ver= f der Linien zeigt.

Fig. 368.

Bevor in der großen Entfernung von der Linse, in welcher die ihr so nahen Gegenstände erst ein Bild geben konnten, bevor ein solches Bild zu Stande kommt, wird es durch eine Planconvexlinse zusammen= gezogen. Die scharf und weit ausgezogenen Lichtkegel geben die Richtung an, wohin dieses Bild fallen würde, die Linse *FF* aber zieht die Strahlen zu= sammen und bringt dieselben hinter *BB* zur Verei= nigung.

Die Linse *o* befindet sich in der Spitze des Haupt= körpers des Mikroskopes, ganz unten; über die Hälfte der ganzen Länge hinaufgerückt sitzt die Linse *F* und etwa bei der Grenze zwischen dem dritten und vierten Viertheil der Länge ist das Diaphragma, die Blen= dung *BB* angebracht, welche die auf die Seitenwände fallenden Strahlen hindert, weiter zu gehen und nur die guten, durch die Mitte der Gläser gehenden Strah= len zur Geltung kommen läßt.

Unfern hinter dem Diaphragma machen dieselben auch ein Bild, da wo sie, wie die Zeichnung angiebt, sich schneiden.

Oben in der Fassung des Mikroskopes steht das letzte Glas, das Ocular *EE*, welches das an sich schon bedeutend vergrößerte Bild des Gegenstandes in das Auge führt, worauf es ungemein ausge= dehnt in der Gegend des wirklichen Objectes gesehen wird.

Die Vergrößerung durch ein zusammengesetztes Mikroskop ist das Pro= t aus den Vergrößerungen der einzelnen Gläser, wenn z. B. die Objectiv= e zehnmal vergrößert und das Sammelglas *F* viermal, so erhält man Bild, welches 10×4 in einer Richtung, d. h. 40mal vergrößert, wird es nun noch durch das Ocular 6mal vergrößert, so erhält man ein kroskop von 240maliger Vergrößerung.

Bei den gewöhnlichen zusammengesetzten Mikroskopen, deren man schon

ganz hübsche für 10 Thaler erhält, findet eine Verstärkung der Vergrößerung lediglich dadurch statt, daß man Linsen von kleineren Dimensionen anwendet und die anderen Gläser unverändert läßt. Vergrößert nun die kleinste selbst 40mal, die mittlere 4mal, so erhält man dadurch ein 160mal so großes Bild, das nun noch durch das 6mal vergrößernde Ocular zu einer Vergrößerung von 840 erhoben wird.

Dies ist aber eine schlechte Methode und man ist von ihr nach zweierlei Richtung abgegangen: zuerst nimmt man zum Objectiv nicht eine immer kleinere und noch kleinere Linse, sondern man setzt deren mehrere zu gemeinschaftlicher Wirkung zusammen. Hier ist schon ein großer Vortheil zu erzielen: die Linsen, so zusammengesetzt, lassen, da sie viel flacher geschliffen sein dürfen als die überaus kleinen Linsen, doch zu, einen viel größeren Theil des Objectes zu übersehen, sie können ferner achromatisch gemacht werden, was bei den ganz kleinen wirklich unmöglich, und endlich gewähren sie zu zweien und dreien combinirt viel stärkere Vergrößerungen als die kleinen Linsen geben können; dann aber schreitet man zu dem zweiten Mittel der Vergrößerung, man setzt nämlich für gewisse Combinationen auch Ocular von gewisser Stärke zusammen, wodurch man es denn dahin gebracht hat, daß man eine gegebene Länge bis auf 2200mal vergrößert. Am weitesten gehen hierin die Nobert'schen Mikroskope, ihnen zunächst stehen die Schiek'schen (Nobert, früher in Greifswald, jetzt zu Barth in Pommern, Schiek in Berlin); beide überragen die Pariser, Münchener und Wiener bedeutend.

Vergrößerung.

Man hört fabelhafte Zahlen, welche von denjenigen Leuten angegeben werden, die mit Sonnenmikroskopen oder mit Hydrooxygengas-Mikroskopen reisen, um die Leistungen derselben für Geld sehen zu lassen; da sieht man auf den Anschlagezetteln die Zahlen

36,000,000

erscheinen und ein Anderer hat daran nicht genug, der setzt noch eine Null hinzu und creirt so eine dreihundertundsechszigmillionenmalige Vergrößerung.

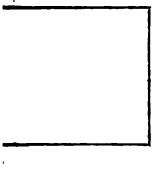
Wenn so ein Mann sich an den Verfasser gewendet hätte, so würde derselbe ihm eine noch viel größere Zahl herausgerechnet haben. Die Sache verhält sich so:

Man berechnet die Vergrößerung eines Mikroskopes nach der Ausdehnung, in welcher eine gegebene Länge erscheint. Hat man also eine Linie

auf einen Zoll vergrößert, so sagt man, das Mikroskop vergrößert 12mal. Dies ist die einzig richtige Bezeichnung, nach der auch alle Gelehrten ihre mikroskopischen Angaben machen, über welche sogar die Mechaniker nicht hinausgehen, obwohl es in ihrem Interesse liegt, möglichst viel zu sagen.

Wer nun ein Freund von großen Zahlen ist, der multiplicirt die 12 mit sich selbst und sagt, mein Mikroskop hat eine 144malige Vergrößerung und man kann nicht läugnen, daß darin eine Art von Berechtigung liegt, denn der Gegenstand wird ja nicht bloß von *a* nach *b* (Fig. 369), sondern auch von *a* nach *c* hin vergrößert, also nach dem Quadrat. Nun haben die herumreisenden Optiker ein Interesse daran, Zuschauer anzulocken, sie wollen ja davon leben, daß ihnen diese Geld (Entree) zutragen und sie wissen recht gut, daß es nie ohne Wirkung ist, wenn man den Mund recht voll nimmt. Haben sie nun von einer 2000maligen Vergrößerung gehört, so ist es ihnen leicht, as in eine 6000malige zu verwandeln, was kommt darauf an; aber dies st ja nur die Längenrichtung *ab* und sie sind vollkommen berechtigt, auch ie Breitenrichtung *ac* der Fig. 369 in Betrachtung zu ziehen, nun giebt ekanntlich 6000 mit 6000 multiplicirt die recht hübsche Summe von 36 Millionen.

Fig. 369.



Allein der Verfasser hat für diese Leute die Berechtigung gefunden, hre Zahlen noch viel mehr zu steigern, auch ohne die gewöhnliche Grenze er Linearvergrößerung durch eine eigenmächtige Veränderung der ersten Zahl zu überschreiten.

Was man besieht, ist ja nicht eine Linie, auch nicht eine Fläche, sondern ein Körper, ein Körper hat ja nicht zwei, sondern drei Dimensionen, Länge, Breite und Höhe, nach dieser dritten Dimension wird ja der Körper durch das Mikroskop auch ausgedehnt und zwar giebt es Körper von so geringer Dicke, daß dadurch, daß man sie nach dieser dritten Dimension betrachtet, die Focaldistanz der Objectivlinse nicht verändert wird, wie z. B. der durchsichtige Flügel einer Mücke, die Vergrößerung ist also da.

Nun hat man ein schönes Mittel, große Zahlen zu schaffen. Das Mikroskop vergrößert 2200mal — das läßt sich beweisen, Nobert verfertigt ja dergleichen (im Besitz des Darstellers sind Linsen aus der Hand dieses Künstlers, ob das wahr ist oder nicht, läßt sich dem Glase nicht ansehen), 2200 mit sich selbst multiplicirt giebt zuerst die Kleinigkeit von 4,840,000.

Vier Millionen? das lohnt nicht — was thut man mit vier Millionen? das ist viel zu wenig. Nun kommt aber die dritte Dimension, die obige

Zahl noch einmal mit 2200 multiplicirt giebt 10,648,000,000. Das ist ein hübsches Sümmchen, zehntausend Millionen, damit läßt sich etwas anfangen und die Zahl ist genau eben so gut wie die Zahl 144 für eine zwölfmalige Vergrößerung.

Glasmikrometer.

Will man sich überzeugen, welche Vergrößerung das Mikroskop hat, so giebt es außer der Berechnung der Focalweiten aller Gläser und der daraus resultirenden Zahl noch bequeme Mittel in der directen Beobachtung.

Entweder man hat ein Nobert'sches Glasmikrometer, welches die Vergrößerung direct in Zahlen angiebt, oder man hat eine nach irgend einem Maßstabe getheilte Fläche.

Das erstere hat folgende Einrichtung: auf einem Planglas von höchster Reinheit und geringer Dicke werden durch eine vermöge feinster Schrauben stellbare Maschine Linien gezogen, welche mit bloßem Auge nur dadurch erkennbar sind, daß sie auf dem Glase als eine leichte Trübung erscheinen, es sind zwischen zwei parallelen Linien, welche über die ganze Länge des Glases gehen, zehn Gruppen von Querlinien gezogen, von denen die am weitesten aus einander stehenden um $^1/_{1000}$ einer Pariser Linie ($^1/_{12}$ Zoll) aus einander stehen, dergestalt, daß also auf die Länge einer Linie 1000 Striche mit dem Diamant kommen. Bei jeder folgenden Gruppe sind mehr und mehr Striche auf dieselbe Länge eingeschnitten und schließlich bei der zehnten Gruppe hat Nobert 4000 Striche auf die Länge eines Zwölftheils eines Zolles gebracht.

Neben diesen Gruppen sind Zahlen, welche angeben, wie viel mal ein Mikroskop vergrößert, wenn man die Diamantstriche deutlich aus einander gesetzt sieht. Die erste Gruppe erscheint schon scharf und klar bei einer 70maligen Vergrößerung, bei einer 300maligen Vergrößerung kann man noch die sechste Gruppe deutlich sehen, Nobert's Mikroskope zeigen die neunte Gruppe deutlich bei einer mehr als 2000maligen Vergrößerung; die zehnte Gruppe klar getrennt zu zeigen, ist selbst diesem berühmten Optiker noch nicht gelungen.

Die andere Methode wendet sich direct an den Gegenstand. Man theilt eine kleine Fläche von 3 Linien Länge und eben so viel Breite durch höchst zarte Striche eines Diamants in neun Quadrate; es versteht sich, daß hier die allergrößte Genauigkeit angewendet werden muß. Jedes dieser kleinen Quadrate hat eine Linie Länge und Breite, ist also eine Quadratlinie groß. Die mittelste dieser Flächen theilt man in 99 Längen- und eben

viele Querſtriche, in 100 mal 100, d. h. in 10,000 Theile oder Qua-
rte (der Verfaſſer ſagt, durch 99 Striche, nämlich 2 Striche ſind bereits
, ſoll die Länge eines Zolles, welcher durch 2 Striche bezeichnet iſt,
.....|, in 10 Theile getheilt werden, ſo muß man zwiſchen die bei-
i vorhandenen Striche noch 9 andere einſchalten ||||||||||, daſſelbe
t natürlich für 100 eben ſo gut wie für 10 Theile.)

Bei der Beobachtung, welche mit einer Meſſung des Gegenſtandes
bunden ſein ſoll, bedient man ſich nun dieſes Mikrometers zur Objecten-
el, man legt die Dinge, Schmetterlingſtaub, ein Tropfen mit Infuſo-
n ꝛc. darauf und ſieht, wie viel Quadrate von den 10,000 der Gegen-
nd einnimmt.

Da es auf die höchſte Genauigkeit ankommt, ſo verſteht ſich von ſelbſt,
ß der Dilettant ſich ein ſolches Mikrometer nicht ſelbſt machen kann; es
dert eine treffliche Maſchine zum Liniiren, es fordert die ſehr geſchickte
and eines Mechanikers von großer Gewiſſenhaftigkeit (ſonſt kann er Einem
ismachen was er will, wie kann man es beurtheilen, man kann zwei
ikrometer nicht auf einander legen) und es fordert die Arbeit ſelbſt nächt-
he Stille, denn ſo ſchön die zarte Theilmaſchine gearbeitet ſein möge, ſo
ıb die Striche, welche ſie zieht, während ein Wagen vorüberfährt, doch
uter Schlangenlinien, alſo gar nicht zu brauchen. Nobert vollbringt
eſe Arbeit immer Nachts zwiſchen 10 und 11 Uhr, wenn er weiß, daß
n kein Wagen mehr ſtört, und da viele Tauſende von Linien gezogen
rden müſſen, ſo iſt die Summe von 6 bis 10 Thaler für ein ſolches
las ein wahrer Spottpreis.

Mikroſkope mit Prismen.

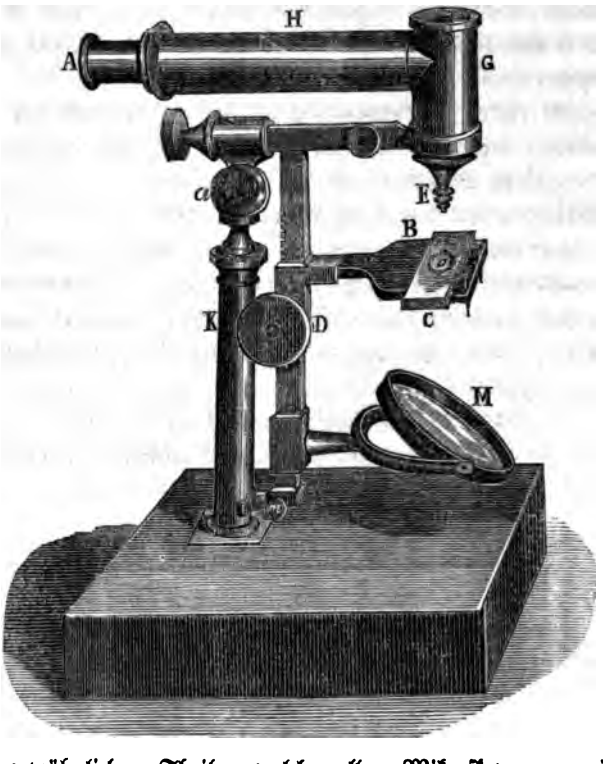
Um die Beobachtung im Sitzen möglich zu machen und doch die Ob-
te horizontal liegen zu haben (was bei Waſſertropfen und darin enthal-
nen Thieren unerläßlich iſt), hat man die Umkehrung der Richtung, in
elcher man ſieht, mittelſt eines Spiegels verſucht. Einen Glasſpiegel an-
wenden, iſt unthunlich wegen der doppelten Bilder, die von nahen Ge-
nſtänden auch der beſte Spiegel mit vollkommen parallelen Seiten giebt.
in Metallſpiegel iſt theuer und nicht zweckmäßig, weil er die Farbe der
egenſtände verändert und weil er der Oxydation ausgeſetzt iſt.

Da iſt man auf den glücklichen Gedanken gekommen, die Eigenſchaft
s Lichtſtrahles, unter dem Winkel von 45 Grad (ein halber rechter) ſelbſt
n der allerdurchſichtigſten Subſtanz, ſobald ſie eine Fläche bildet, zurück-
worfen zu werden, zur Spiegelung zu benutzen. Wenn ein Sonnenſtrahl

unter dem Winkel von 45 Grad auf eine Wasserfläche, eine Glasfläche x. fällt, so dringt er nicht hinein, um gebrochen durchzugehen, sondern im Gegentheile dringt nichts hinein, es wird alles Licht zurückgeworfen. Umgekehrt wird von einem senkrecht auf die Fläche fallenden Strahl nichts reflectirt, Alles dringt hinein.

Nach diesen vorausgesendeten Bemerkungen wird uns die Fig. 370, welche ein Mikroskop mit Spiegelung darstellt, leicht verständlich sein.

Fig. 370.

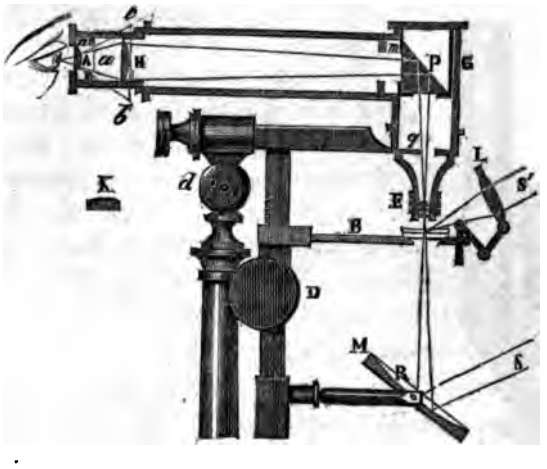


Die gewöhnlichen Theile, welche allen Mikroskopen gemeinschaftlich, sind auch hier vorhanden und bedürfen keiner besondern Beschreibung, denn daß *M* den Spiegel, *B* den Objectenträger und *C* eine Glasplatte mit einem Object sei, sieht ein Jeder sogleich. Der kubische Metallklotz, auf welchem das Ganze steht, ist sehr schwer, damit das Instrument feststehe; es ist dies von großer Wichtigkeit, und wenn die Mechaniker mit dem Messing sparsam umgehen, so sind sie sehr thöricht, sie machen das Instrument um 3 Thaler wohlfeiler und um 50 Thaler weniger werth.

Nicht gemein allen andern Mikroskopen ist die Aufstellung und Bewe-

Der Trieb *D* geſtattet mittelſt der Zahnſtange den Körper des
›ps zu heben; damit dies aber im höchſten Grade regelmäßig ge-
ſteht hinter dieſem eigentlichen Träger noch ein hohler Cylinder *K*,
em eine denſelben ganz ausfüllende Stange mit einem Cirkelgelenk *a*
›bar iſt, welche zugleich mit der Zahnſtange auf und ab geht und
nken des Mikroſkopes verhindert. Das Gelenk *a* trägt ein Meſſing-
elches viereckig ausgefeilt iſt und geſtattet, daß eine viereckige Stange,
m Ende das Mikroſkop befeſtigt iſt, durch eine feine Schraube, deren
m andern Ende ſichtbar, horizontal verſchoben werde, welches nöthig,
Linſe recht genau über das Object ſtellen zu können.
:r Körper dieſes Inſtrumentes *H* iſt bei *G* rechtwinklig umgebogen
in dieſer Ecke das Prisma, welches als Spiegel dienen und möglich
ſoll, daß man beim horizontalen Schauen etwas in verticaler Rich-
ter den Objectivlinſen Liegendes erkenne.
e Wirkung dieſer trefflichen Einrichtung wird die Fig. 371 deutlich
ſie giebt das Mikroſkop im Durchſchnitt und zeigt durch den Ver-
: Brechungslinien, wie man ſich die Umlenkung bei dem rechten
zu denken habe.

Fig. 371.



ırch den Spiegel *M* werden die Lichtſtrahlen *SR* nach dem Ob-
:ctirt, oder ſie werden durch ein Sammelglas *L* von oben herab
Object geführt, wenn dieſes undurchſichtig iſt. *B* iſt der Object-
auf welchem das Object liegt; dieſes ſendet Lichtſtrahlen aus,
›urch die Objectivlinſe *E* nach dem Innern des Mikroſkopes geführt

G ist der rechte Winkel des Mikroskopes (Fig. 370), in welchem das Prisma *P* steht, mit einer seiner Katheten nach unten, mit der andern nach der Seite des Oculars gerichtet, die größere schräge Seite *P* steht dem rechten Winkel gegenüber.

Die Strahlen, welche von dem Gegenstande ausgehen, werden nach vorläufiger Brechung durch die Linsen, innerhalb des Mikroskopes durch die Blendung *q* geregelt, gelangen auf die untere Fläche des Prisma, gehen aber, da sie dasselbe ganz senkrecht treffen, ungehindert durch und kommen nun auf die zweite unter 45 Grad geneigte, hier werden sie aber eben so vollständig reflectirt, wie sie auf der ersten Fläche durchgingen, was sich bei der zweiten senkrechten Fläche *m* wiederholt, woselbst noch eine Blendung angebracht ist, um die etwa durch die mangelhafte Politur der Fläche unregelmäßig zerstreuten Lichtstrahlen aufzuhalten.

Bei *H* gelangen die Strahlen an das Sammelglas, das die Strahlen nach *a* zu einem Bilde vereinigt. Das Auge sieht durch die eigentliche Ocularlinse dieses Bild bedeutend vergrößert in der Gegend von *cb*.

Das vereinzelte *K* giebt den Durchschnitt einer achromatischen Linse, wie sie jetzt fast durchgängig angewandt werden, in natürlicher Größe.

Fig. 372.

Nachet's Binocular-Mikroskop.

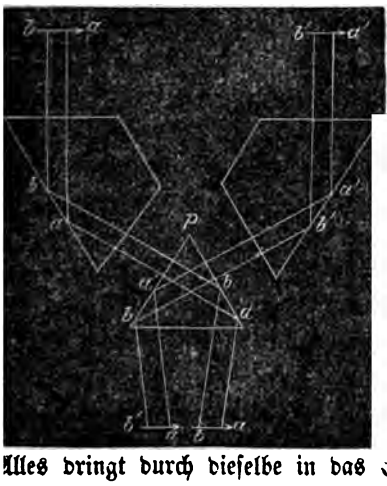
Ein noch anderes Arrangement von Prismen, jedoch allerdings auch zu einem andern Zweck, giebt die nebenstehende Fig. 372 an. Bei dem vorigen Instrument handelte es sich vorzugsweise darum, daß die Richtung, in welcher das Sehen erfolgte, durch das Prisma geändert werde, hier aber hat Nachet, der Erfinder, die Absicht, beide Augen zum Sehen zu bringen; es sind also gewissermaßen zwei Mikroskope, welche auf ein Object gerichtet sind, neben einander, nur konnten allerdings zwei vollständige Mikroskope die gewünschte Wirkung nicht haben, sie müssen sich in irgend welchem Punkte doch zu einem verbinden, denn sonst betrachtete man im besten Falle den Gegenstand von zwei verschiedenen, wenn auch nahe an einander liegenden Seiten.

Dieser Vereinigungspunkt findet sich in der Objectivlinse, durch welche die Strahlen hindurch-

ehen und dann durch Prismen gebrochen und getheilt auf zwei verſchiedenen Wegen durch die Körper der Mikroſkope *M* und *N* zu den zugleich über *o* nd *p* liegenden Augen gelangen.

Der Weg, den die verſchiedenen Strahlen machen, um in die geſonderten Röhren und durch dieſe zu dem Auge zu gelangen, iſt in Fig. 373 ngegeben.

Fig. 373.



Ganz unten in dieſer Figur ſieht man den Gegenſtand, nachdem die von ihm kommenden Strahlen durch die Linſe gebrochen worden, erſcheinen. Es ſteht über den Linſen das Prisma *p*, welches gleichſeitig, alſo auch gleichwinklig mit einer ſeiner Spitzen nach oben, mit der denſelben gegenüber liegenden Fläche nach unten gerichtet iſt. Das Bild des Gegenſtandes *ba* und *b'a'* wirft ſeine Strahlen auf die untere Fläche des Prisma's, ſie finden bei einer faſt ſenkrechten Richtung kein Hinderniß in der ſpiegelnden Fläche, lles bringt durch dieſelbe in das nnere des Glaſes. Hier aber an eine er ſchrägen Seitenwände gelangt, unter einem ſehr ſpitzen Winkel, werden ie vollſtändig zurückgeworfen und zwar ohne Verluſt, weil der Auffallsinkel und der Reflexwinkel beide kleiner ſind als ein halber rechter Winkel. *a* ganz unten gelangt nach *ba* von der rechten Seite des Prisma *p* nd wird von dieſer hinübergeworfen.

Nun gelangen die Strahlen auf die gegenüber liegende Fläche und da ie hier wieder ſenkrecht auffallen, ſo gehen ſie ungebrochen und ungeſchwächt indurch und gelangen zu dem zweiten vierſeitigen Prisma, deſſen längſte Seite ſo geſtellt iſt, daß die Strahlen von ihr ſenkrecht aufwärts zurückeworfen werden, indeß diejenigen Seiten, durch welche die Strahlen von em Prisma *p* kommend, eintreten und austreten, gegen dieſe Strahlen eine ollkommen ſenkrechte Lage haben.

So gelangen die Strahlen durch zweimalige Spiegelung von *ab* ganz nten rechts nach *ab* ganz oben links. Eben ſo werden die Strahlen *a'b'* nten links durch zweimalige Spiegelung nach oben rechts gebracht. Der heorie nach ſoll hier kein Lichtverluſt ſtattfinden, denn die vier Flächen an eder Seite, durch welche die Strahlen ein- und austreten, ſind vollkommen der doch beinahe vollſtändig ſenkrecht und die ſpiegelnden ſind ſo geſtellt,

daß die Winkel der auffallenden Strahlen und dieser Flächen kleiner als ein halber rechter sind. Da aber die Praxis niemals Wort hält für dasjenige, was die Theorie verspricht, weil die Praxis mit Realien, mit Glas, Metall, Reibung, unvollkommener Politur, Steifigkeit ꝛc. zu thun hat, indeß die Theorie nur mit Idealen arbeitet, so wird auch hier wie bei andern Instrumenten ein Verlust eintreten, der nicht in der Berechnung liegt; dies aber ist Thatsache, daß durch die Spiegelung und Aehnliches weniger Licht verloren, als durch das Sehen mit beiden Augen gewonnen wird.

Die Zeichnung giebt zwei verschiedene Objecte ab und $a'b'$ an, würde sich die Sache so verhalten, so würde man nicht einen Gegenstand sehen, man würde also, da einer wahrscheinlich den andern deckte, gar nichts sehen. Die Zeichnung ist jedoch nur der größeren Deutlichkeit der Linien wegen so geordnet, eigentlich müßte ab auf $a'b'$ liegen und die Strahlen müßten von demselben Punkte ausgehend sich auf die hier gedachte Weise schneiden, dann aber würden wir den verschiedenen Verlauf der beiden Wege der Lichtstrahlen innerhalb des untersten dreiseitigen Prisma nicht haben gehörig klar aus einandersetzen können. Der Leser wird sich leicht darin finden, die beiden Paare von Linien einander so zu nähern, daß sie zuletzt in eins zusammengehen und erst oben bei der Spiegelung sich trennen.

Prüfung eines Mikroskopes.

Da das Mikroskop nachgerade ein selbst für die Technik und das gewöhnliche Leben höchst wichtiges Instrument geworden, so ist es wohl der Mühe werth, dasselbe prüfen zu lernen, zu wissen, welches die Vorzüge eines guten Mikroskopes sind, denn durch dies Instrument hat man nicht allein in der Thier- und Pflanzenwelt die wunderbarsten Entdeckungen gemacht, hat man nicht allein Geschöpfe gefunden, von deren Existenz man vor der Erfindung, ja vor der höchsten Vervollkommnung dieses Apparats nichts geahnt hat, nicht allein das Gefieder des Schmetterlings und der Kleidermotte, nicht allein den Blutumlauf in den feinsten Haargefäßen und die Blutkügelchen in denselben entdeckt, sondern man ist dahin gekommen, dasselbe zur Auffindung von Verfälschungen der Nahrungsmittel mit schädlichen, der Kleidungsstoffe mit werthlosen Materialien zu benutzen, die Feinheit anderer Stoffe zu beurtheilen ꝛc. Man entdeckt durch das Mikroskop das Hammelgehirn, aus welchem die in Paris eingeführte Milch gemacht ist, man findet die Kartoffelstärke aus der Weizenstärke, man findet den Gyps oder die Kreide aus dem Mehl, man findet das gebrannte Mehl aus der damit verfälschten Chocolade heraus, man sieht das blaue schädliche

Pigment, womit der Thee und der Kaffee gefärbt ist, man findet dadurch die Verfälschung der Leinwand mit Baumwolle, der Wolle mit demselben Stoffe heraus und man benutzt das Mikroskop sogar, um die Zartheit der Wolle zu schätzen, da ist es denn allerdings gut, zu wissen, was für ein Instrument man hat.

Die ersten Bedingungen sind Helligkeit und Deutlichkeit des Bildes. Bei der Beleuchtung des unverstärkten Tageslichtes, oder wenn man Abends arbeitet, bei einer gewöhnlichen Kerzenflamme, muß das Object Helligkeit genug haben, um auch noch bei einer 300maligen Vergrößerung die Bilder in großer Klarheit zu zeigen. Wird die Vergrößerung stärker, so braucht man allerdings viel mehr Licht und zuletzt ist nur noch das volle Sonnenlicht genügend, allein solche Vergrößerungen wendet man nur selten an.

Die Bilder müssen scharf begrenzt sein, die einzelnen Theile müssen deutlich hervortreten, das Gesichtsfeld muß auch bei Anwendung sehr starker Linsen groß sein und die Bilder dürfen nicht verzerrt werden, müssen selbst an den äußersten Rändern des Gesichtsfeldes noch der natürlichen Form der Gegenstände entsprechen, welches man am besten beurtheilt, wenn man feine gerade Linien durch das Mikroskop betrachtet, sie dürfen keinen Ansatz zur Krümmung zeigen.

Eben so müssen die Bilder ohne farbige Ränder sein, es ist dieses möglich, selbst wenn die Gläser nicht achromatisch sind, es muß nämlich nur ein kleiner Raum von denselben benutzt werden, die Randstrahlen müssen ganz ausgeschlossen werden.

Schließlich ist von großer Wichtigkeit, daß ein ausgedehntes Gesichtsfeld vorhanden sei, daß man auch bei der stärksten Vergrößerung nicht einen Theil eines Infusionsthierchens, sondern viele ganze zugleich übersehe; dies kann durch das Collectivglas erreicht werden. Hat man diese Bedingungen in einem Mikroskope vereinigt, so kann man zufrieden sein; allerdings ist das Geld, welches man dafür ausgiebt, auch nicht ganz unbedeutend — die guten Schiek'schen oder Robert'schen Mikroskope kosten 250 bis 280 Thaler.

Das Fernrohr.

Bereits früher ist das Fernrohr als zusammengesetzt aus einem convexen und einem concaven Glase angeführt worden, es war zur Geschichte des Mikroskopes nöthig, dessen in seiner ältesten Gestalt zu erwähnen; hier müssen wir desselben, dort flüchtig betrachteten Instruments, nochmals und zwar nicht beiläufig, sondern ausführlich gedenken, weil es, wenn nicht die

erſte Form des Mikroſkopes, ſo doch unzweifelhaft die erſte Form des Teleſkopes geweſen.

Daß ſchon Ptolemäus die Sterne durch ein Fernrohr betrachtet, wie der Benedictiner Mabillon erzählt, weil er in der Historia scholastica des Petrus Comeſtor aus dem 13. Jahrhundert den Ptolemäus mit einem Fernrohr abgebildet findet, beweiſt gerade ſo viel als das Feuergewehr auf einem Bilde der heiligen drei Könige. Daß man übrigens entfernte Gegenſtände durch ein Rohr (wenn ſchon durch kein Fernrohr) betrachtet, mag viel älter ſein als Ptolemäus, es iſt namentlich für einen Aſtronomen ganz natürlich, ein Rohr zu nehmen, um Licht von den Seiten abzuhalten. Daß Julius Cäſar die Küſten Britanniens von Gallien aus durch Spiegel betrachtet, wie Roger Baco gleichfalls im 13. Jahrhundert erzählt, kommt nur daher, daß er nicht ganz ſo gut Latein konnte, als man bei alten Mönchen zu finden gewohnt iſt. Er verwechſelt die Worte Specula und Speculum (Spiegel).

Die gewiſſeſte Nachricht, welche wir haben, geht ungefähr bis in das Jahr 1600 zurück und iſt diejenige, welche wir beim Eingange zu den Mikroſkopen mitgetheilt, wovon in Folgendem nur eine Variante zu finden iſt. Es ſoll im Jahre 1609 ein Unbekannter, dem Anſehen nach ein Holländer, zu einem Brillenhändler in Middelburg gekommen ſein, um ſich einige erhabene und hohle Gläſer ſchleifen zu laſſen. Als er dieſe in Empfang genommen, habe er ein erhabenes und ein hohles, bald näher, bald ferner vor einander gehalten, habe hindurchgeſehen, den Opticus bezahlt und habe ſich dann entfernt.

Der Brillenmacher habe obige Behandlung der Gläſer nachgeahmt und ſofort bemerkt, daß dadurch entfernte Gegenſtände genähert würden, habe aus ſolcher Verbindung zweier Gläſer wirklich Fernröhre gemacht, deren dann auch einige an hohe Herrſchaften kamen, als Moritz Prinz von Naſſau, Albrecht, Erzherzog von Oeſterreich ꝛc.

Ob dieſer erſte Verfertiger nun Janſen oder nach Anderen Lippersheim geheißen habe, iſt gleichgültig, die Erfindung iſt um die gedachte Zeit und in Holland gemacht, denn ſie ſteht mit der Entdeckung der Jupitertrabanten in nächſter Beziehung, wie aus einer Erzählung des Simon Marius hervorgeht. „Der markgräflich-brandenburg-anſpachiſche Geheimerath Johann Philipp Fuchs von Bimbach beſuchte im Jahre 1608 die Herbſtmeſſe zu Frankfurt a. M. Ein Kaufmann erzählte ihm von ungefähr, es ſei ein Holländer mit einem Inſtrumente angekommen, wodurch man entfernte Dinge ſehr nahe und groß ſehe. Der Geheimerath ließ den Holländer zu ſich kommen, beſah und probirte das Inſtrument, welches ſehr

gute Wirkung that, obgleich das eine Glas einen Riß bekommen hatte. Er war Willens, es zu kaufen, weil aber der Holländer einen ungeheuren Preis forderte, ſo zerſchlug ſich der Handel. Dies erzählte der Geheimerath bei ſeiner Rückkehr nach Anſpach dem Marius, gab ihm an, es müßte nothwendig ein Hohlglas mit einem erhabenen verbunden ſein und machte ihm eine Zeichnung davon mit Kreide. Marius probirte die Sache ſogleich mit zwei gewöhnlichen Linſengläſern und fand ſie richtig. Da das Brillenglas allzu convex war, beſtellte er ſich in Nürnberg Convexgläſer von größeren Brennweiten, wozu er die Form in Gyps gedrückt mitſchickte, der Künſtler konnte ſie aber nicht zu Stande bringen; endlich erhielt der Geheimerath im Sommer 1609 ein Fernrohr aus Holland, womit Marius im Herbſte deſſelben Jahres die Jupiterstrabanten entdeckte.“*)

In derſelben Zeit hörte Galilei, damals Profeſſor der Mathematik in Padua, von der eben mitgetheilten Erfindung des Fernrohres; er war zum Beſuch in Venedig geweſen und dem hohen Rathe dieſer Stadt übergab er acht Tage ſpäter ein ſolches Inſtrument, aus einem convexen und einem concaven Glaſe in einer bleiernen Röhre vereinigt, welches das Verlangte leiſtete. Von dem Thurm der Marcuskirche zeigte er dem Senate durch dieſes noch höchſt unvollkommene Werkzeug viele Gegenſtände auf den Ufern und auf dem Meere, welche mit bloßen Augen nicht ſichtbar waren und ſchenkte dann dieſes Werkzeug dem Dogen Leonardo Donati nebſt einer ausführlichen Beſchreibung von der Zuſammenſetzung und Wirkung deſſelben.

Aus Dankbarkeit für das nützliche Vergnügen, welches er dem Senate durch dieſe Erfindung gemacht, erhöhte dieſer ſein Gehalt auf mehr als das Dreifache (25. Auguſt 1609). Galilei verfertigte ſich hierauf ein neues, viel größeres und beſſeres Fernrohr und machte damit eine Menge wichtiger Entdeckungen am Sternenhimmel, welche viel zur Verbeſſerung der Sternkunde beigetragen, wie er ſelbſt in ſeiner Lebensbeſchreibung erzählt.

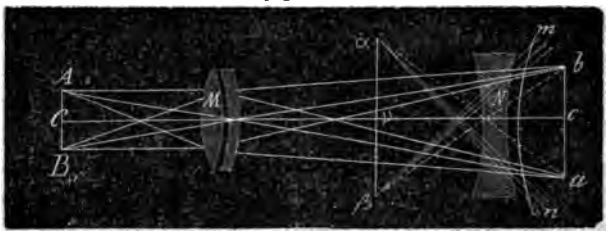
„So viel Ehre dieſe Zuſammenſetzung und Anwendung des Fernrohrs dem Galilei bringt“, ſagt Gehler, „ſo kann man ihn doch keineswegs für den Erfinder dieſes Werkzeuges halten, ja es iſt nicht einmal glaublich, daß er die Einrichtung deſſelben durch bloße aus der Theorie der Berechnung gezogene Schlüſſe habe errathen können, dazu war wohl damals die Dioptrik noch zu unvollkommen, auch hat nicht Galilei, ſondern Kepler die Art der Wirkung des Fernrohrs gehörig und deutlich erklärt.

*) Gehler, phyſikaliſches Wörterbuch, alte Auflage, ein unſchätzbares Werk für die Geſchichte der Naturwiſſenſchaften.

So viel mußte doch wohl bekannt geworden ſein, daß das neue Inſtrument aus einer Röhre mit Gläſern beſtehe und in dieſem Falle waren nur zwei Arten von Gläſern, hohle und erhabene vorhanden, mithin war die Anzahl der möglichen Combinationen nicht groß und die Proben damit gaben unſtreitig den kürzeſten Weg, die Zuſammenſetzung zu entdecken. Es bleibt ihm noch Verdienſt genug, in ſo kurzer Zeit eine wichtige Erfindung errathen, ausgeführt und zu ſolchen Entdeckungen genützt zu haben, und es kommt wenig darauf an, ob der Weg dazu durch die Theorie oder durch Verſuche gegangen iſt."

Der Weg der Lichtſtrahlen iſt in Fig. 374 bezeichnet. Von einem Gegenſtande AB gehen Strahlen nach dem Objectivglaſe M, welche darin

Fig. 374.



gebrochen werden und ſich in ba zu einem umgekehrten Bilde vereinigen würden. In der Axe dieſes Objectivglaſes Cc befindet ſich innerhalb des Raumes, in welchem ſich die Strahlen vereinigen würden, alſo bevor ſie ſich vereinigen, ein Hohlglas N, durch welches die Strahlen, die ſich in bca vereinigen würden, abermals gebrochen und weil es ein Hohlglas iſt, zerſtreut werden. Das Auge, welches die ſo divergirenden Strahlen unmittelbar hinter der Blendung mn auffängt, ſieht die aus einander gehenden Strahlen in dem imaginairen Brennpunkt $\alpha\beta$ um ſo viel vergrößert als die letztgedachte Brennweite in der wirklichen des Convexglaſes aufgeht.

So lange man nichts Beſſeres hatte, bediente man ſich dieſer Fernrohre, die ein außerordentlich kleines Geſichtsfeld haben und nur eine geringe Vergrößerung zulaſſen, zu allen Beobachtungen und noch Dollond verfertigte dergleichen achromatiſche mit einem Stativ in einer Röhrenlänge von etwa 8 Zoll mit zwei Vergrößerungen, durch welche man die Jupitersmonde erkennen konnte, jetzt aber bedient man ſich derſelben nur zu Theaterperſpectiven, wobei ſelten eine ſtärkere als zweimalige Vergrößerung angewendet wird und damit dieſe geſtatte, ein weiteres Feld zu überſehen, iſt das Objectiv unverhältnißmäßig groß (2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmeſſer) und hat eine große Brennweite, wodurch dergleichen Theaterperſpective ungeſchickt und theuer werden, noch dazu, da man dieſelben jetzt beinahe immer doppelt

acht, ſo nämlich, daß man mit beiden Augen zugleich durch zwei mit nander verbundene Fernröhre ſieht.

Das aſtronomiſche Rohr.

Dies beſteht gleichfalls aus zwei Gläſern, einem Objectiv und einem Ocular, aber beide ſind convex; hierdurch ſieht man die Gegenſtände verehrt, aber ſehr viel ſtärker vergrößert, weil man das Bild des Gegenſtandes urch das Objectivglas erſt wirklich entſtehen läßt und dann dieſes Bild urch ein Mikroſkop (Loupe) betrachtet. Hier iſt jede Vergrößerung zu erreichen, welche das Objectivglas nur irgend erträgt. Man kann z. B. bei iner Focalweite von 2 Fuß eine 144malige Vergrößerung erhalten, wenn ie Loupe (die man bei ihrer Anwendung zum Mikroſkop oder Fernrohr Ocular nennt) nur eine Brennweite von 2 Linien hat. Die jetzige Kunſt ſt dahin gelangt, noch ſtärkere Vergrößerungen anzuwenden, indem die achromatiſchen Objecte dies erlauben, die Bilder weder verzerrt noch farbig erden. In früheren Zeiten freilich ging dies nicht, man begnügte ſich mit verhältnißmäßig ſehr geringen Vergrößerungen, da man jedoch eine ewiſſe Grenze erreichen wollte, machte man die Fernröhre ungeſchickt lang. uf der Berliner Sternwarte ſtanden noch im Anfange der zwanziger Jahre in einem Winkel ein halbes Dutzend ſolcher Ungeheur von 40 und mehr Fuß Länge, mit denen man, im Saale des Thurmes der Akademie ſtehend, aus em breiten Spalt, der das Dach im Meridian theilt, hinausreichen konnte.

So lange man ſolch ein Rohr nahezu ſenkrecht hielt, ging es noch llenfalls, ſobald es aber ſchräg mehr und mehr horizontal lag, bog es ſich urch ſeine Länge dergeſtalt, daß die Bilder in der Krümmung verſchwanen. Darum machte man ſie in der Mitte ſtärker als an beiden Seiten; olche doppelt koniſche Rohre widerſtanden ihrer eigenen Schwere beſſer, enkten ſich in der Mitte nicht ſo ſehr und bei der Senkung verdeckte die Band das Bild nicht, denn es war nicht möglich, daß die obere gewölbte inie nur gerade wurde, viel weniger daß ſie ſich nach einwärts geneigt ätte.

Solche Rohre hatten ſehr flache Objective, daher die Abweichung egen der Kugelgeſtalt ſehr gering; doch vergrößerte, wenn das Bild rein leiben ſollte, ein 50 Fuß langes Fernrohr nicht viel mehr als 100mal.

Es wurden allerdings von Huyghens Objective von 210 Fuß und on Auzout in Frankreich, ſo wie von Hartſoeker in Holland gar welche n 600 Fuß Brennweite verfertigt, allein wer konnte ein ſolches Rohr

brauchen, wie hätte es aufgeſtellt oder aufgehängt ſein müſſen, damit es ſich nicht krümme?

Huyghens gab ein ingeniöſes Remedium gegen die Biegung der Röhren, er ließ ſie ganz weg und conſtruirte die ſogenannten Luftfernröhre auf folgende Art:

An der Außenſeite eines hohen Gebäudes, eines Thurmes ward ein in Meſſing gefaßtes Objectiv beweglich angebracht, ſo daß man daſſelbe unten ſtehend durch Schnüre beliebig lenken und richten konnte. Unten ſtehend hatte man auch das Ocular in der Hand oder auf einem Stativ und ſo konnte man allerdings bei Nacht Sterne beobachten, bei Tage aber nicht einmal Sonne oder Mond, weil von den offenen Seiten zu viel Licht auf die Gläſer fiel.

Nun aber war noch ein großer Uebelſtand der, daß mit der Neigung des Objectivglaſes das Bild des Gegenſtandes in dem Focus höher oder niedriger zu ſtehen kommen und daß man ihm auf Leitern und Treppen nachklettern mußte. Geſetzt die Thurmhöhe habe gerade der Focalweite entſprochen, ſo hätte man ſich, um einen Stern im Horizont beobachten zu können, auf die Thurmhöhe erheben müſſen.

Huyghens brachte deshalb an dem Thurm, an welchem das Objectiv befeſtigt ſein ſollte, eine lange Stange mit parallelen Seiten an, welche das Objectiv trug und geſtattete, daß man daſſelbe höher und niedriger ſtellte.

Den Beobachter höher oder niedriger zu ſtellen, war der Ausweg, den die indiſchen Aſtronomen wählten. Daniells in ſeinem großen Prachtwerke über Indien giebt eine Zeichnung von dem Obſervatorium zu Be-

Fig. 375.

a b

ares, dessen Fernrohr besteht aus einem mehr als 100 Fuß hohen Obelisk, roß genug, um eine Treppe im Innern zu gestatten. Auf den Gipfel ird das Objectiv gesetzt und von einem Brahmanen geleitet (nur diese Kaste at das Recht, sich mit den Wissenschaften irgend einer Art zu beschäftigen).

Rechts und links von dem Obelisk, genau in der Ebene des Meridians, nd zwei Treppen in Form eines Viertelkreises (im Ganzen also einen albkreis bildend) von mächtigen Quadern aufgeführt, deren Krümmungs-ittelpunkt die Spitze des Obelisken ist. Am Fuße des Thurmes stehend ieht man die Gegenstände im Zenith, mit jeder Stufe, um welche man ich erhebt, sieht man in der Ebene des Meridians mehr und mehr niedrig tehende Gestirne und zwar ohne Mühe und Zeitaufwand, denn man braucht ar nicht nach dem Focus zu suchen, da man sich auf jeder Stufe in der ichtigen Entfernung findet. Die Zeichnung war im Jahre 1810 entworfen, b der Gegenstand derselben jetzt nach 46 Jahren noch vorhanden, ist aller-ings fraglich, denn theils ist die alte Weisheit der Indier von den Brah-manen gewichen, theils haben denn doch die Engländer es verstanden, ihren esseren und neueren Instrumenten Geltung und Eingang zu verschaffen.

Jetzt nämlich, wo die Achromasie solche Riesenfortschritte gemacht hat, aß man Objective von 14 Zoll Oeffnung farblos schleift, bedarf man der angen Röhren nicht. Der Riesenrefractor in Pulkowa mit einem Objectiv on der oben angegebenen Oeffnung hat 21 Fuß Länge, dies ist das leußerste, wozu man zu schreiten braucht, selbst wenn man eine 3000malige Vergrößerung haben will, etwas schon Unerhörtes und beinahe Unmögliches, nicht weil das Rohr dergleichen zu leisten nicht mehr fähig wäre, sondern eil der Raum, der bei solcher Vergrößerung übersehen wird, so außer-rdentlich klein ist, daß die Axendrehung der Erde den mit dem Fernrohr iberseheuen Punkt sofort aus dem Felde des Rohres rückt, deshalb man ei dergleichen auch jederzeit ein großes Uhrwerk hat, welches das Fernrohr er ihm durch die Erde mitgetheilten Bewegung entgegenrückt und diese olchergestalt compensirt, daß das Rohr stundenlang auf einen Stern, einen Nebelfleck, sogar auf einen Planeten gerichtet bleibt, dessen eigene Bewegung war nicht in dem Uhrwerk compensirt werden kann, indessen so langsam st, daß sie keinen so störenden Einfluß hat als man bei der Planetenge-chwindigkeit meinen sollte.

Das Erdfernrohr.

Die gewaltigen Instrumente, welche hier angeführt sind, werden nur u astronomischen Zwecken gebraucht, für Beobachtungen an der Erde

Fig. 376.

sind sie schon wegen ihrer Größe nicht anzuwe
zugleich aber wegen einer ihnen zugehörigen E
schaft, das Bild des Gegenstandes, den sie
sollen, umzukehren, auf den Kopf zu stellen,
im Gebrauch. Dies ist für die Astronomie
gleichgültig, für irdische Gegenstände jedoch
und deshalb macht man Instrumente von seh
ringen Dimensionen (von 1 bis höchstens 5
die größten derselben nur für optische Telegra
so weit sie noch existiren und für Leuchtth
welche neben der bequemeren Handhabung auch
das Angenehme haben, daß sie die Bilder
recht zeigen.

Die Fig. 376 zeigt sofort die beste Zusam
stellung. Der Sinn derselben ist, daß man
bei a, b, erscheinende verkehrte Bild des Obj
glases nicht sofort vergrößert, sondern erst un
und dann das zweite Bild vergrößert. Die
schieht auf folgende Weise:

Die Strahlen 1, 2, 3, 4 gehen durch
Objectiv in der angedeuteten Weise nach a,
einem Bilde zusammen. Von hier durchk
sich die Strahlen, werden durch das Glas A
gefangen, verkehrt nach B geschickt, gehen hier
dem sie aus dem Focus kommend parallel
den, nach dem Glase C, welches dieselben g
wie das Objectiv bricht und von dem Gegens
ein verkehrtes Bild macht. Der Gegenstand
aber das verkehrte Bild a, b, und ein verk
Bild nochmals verkehrt ist aufrecht, wie
zeigt. Dieses aufrechte physische oder Luftbild
nun durch das im Punkte E stehende Auge
mittelst der Loupe D betrachtet.

Die hier angegebenen Lagen der Gläser
so weit sie die letzten vier betreffen (welch
zusammengesetzte oder terrestrische Ocular
zwar richtig, das Objectivglas O müßte ab
der Größe der Zeichnung der übrigen Gläse
nigstens doppelt so groß sein, dann müßte e

ch wenigſtens ſechsmal ſo weit von *A* abſtehen. In der hier ſtehenden g. 377 iſt das Verhältniß richtig gegeben. Die kleine Röhre, welche bei

Fig. 377.

endigt, enthält alle vier Gläſer *A*, *B*, *C* und *D*. Am vorderen Ende, n eine große Strecke von jenen in einem kleinen Rohre eingeſchloſſenen ulargläſern entfernt ſteht das Objectiv.

Die hier gegebene Zeichnung ſtellt ein gut montirtes Fernrohr mit tativ vor, wie daſſelbe jetzt allgemein verfertigt wird, es ſei die Größe) Zoll oder 5 Fuß. Unter dem erſtgedachten Maß ſind die Fernröhre wöhnlich zuſammenzuſchieben und heißen dann Taſchenperſpective, über e Größe von 5 Fuß geht man mit Erdfernröhren nicht; für den aſtro- miſchen Gebrauch werden ſie ganz anders montirt, beſonders unterſtützt an ſie nicht bloß in der Mitte, ſondern an mehreren Punkten, damit keine iegung durch die Schwere ſtattfinden könne.

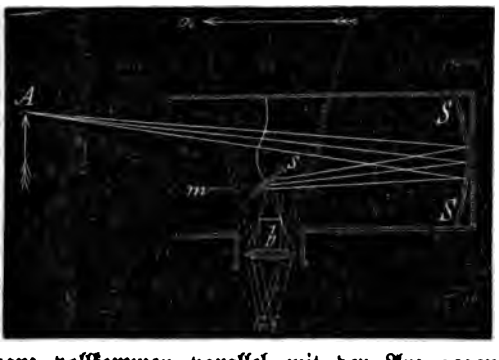
Oben auf dem Fernrohr ſteht ein viel kleineres, dieſes heißt der Sucher, wird angewendet, um den Gegenſtand, welchen man mit dem großen rnrohr betrachten will, aufzuſuchen, was durch ſeine viel geringere Ver- ößerung und durch ſein viel ausgedehnteres Geſichtsfeld möglich gemacht rd. Die Axen beider Fernröhre müſſen genau parallel ſein, dann ſteht r Gegenſtand — der kleinſte Stern — in der Mitte des großen Fern- hrs in dem Augenblick, wo man ihn in die Mitte des kleinen bringt.

Das Spiegelteleskop.

Da Newton sich überzeugt zu haben glaubte, eine Verbesserung der Fernröhre sei nicht möglich, so wandte er sich zu den Spiegeln und er leistete hiermit schon Bedeutendes, das Größte aber sollte doch seinen späteren Nachfolgern und der allerneuesten Zeit aufbewahrt bleiben.

Newton's Spiegelteleskop hatte eine cylindrische Röhre, in deren Hintergrunde *SS* sich ein Hohlspiegel befand. Die einfallenden Strahlen

Fig. 378.



wurden nicht ganz vollkommen parallel mit der Axe gegen einen kleinen Planspiegel *s* reflectirt; sie würden in *m* ein Luftbild gemacht haben, werden aber durch den Planspiegel früher, d. h. vor ihrem Vereinigungspunkte, aufgefangen und nach *b* geworfen.

Dem Planspiegel gegenüber befindet sich in der Hauptröhre des Spiegelteleskops eine Seitenöffnung, in welcher ein Ocularglas *b* so eingesetzt ist, daß ein Auge die auf den kleinen Spiegel geworfenen Strahlen empfängt und das Luftbild bedeutend vergrößert sieht. Die punktirten Linien deuten die Richtung an.

Herschel's Teleskop hat eine noch einfachere Einrichtung. Herschel? Wer ist Herschel? Unseres Wissens ein Musikus, ein Hautboist — wie kommt der dazu, Spiegelteleskopen seinen Namen zu geben? Herschel, der Vater, war Musikus in Hannover, ein armer Mensch, dem es sehr schwer wurde, vier Söhne und zwei Töchter mit seiner Geige zu erhalten; der arme Mann ließ daher seine Söhne, sobald es möglich war, selbst ausübende Musiker werden, als welche die meisten derselben gestorben sind. Derjenige, von dem hier die Rede, trat bereits in seinem 14. Jahre in die hannoversche Garde zu Fuß als Hautboist ein und ging mit diesem Regiment im Jahre 1759 (damals war er 21 Jahre alt) nach London, woselbst

er zurückblieb, nachdem das Regiment wieder auf das Feſtland beordert wurde. Der Jüngling hatte gehofft, durch Unterricht in der Muſik ſich ſein Brod zu verdienen, das wollte in dem großen London bei der Ueberfüllung mit ſolchen Leuten nicht gehen und er gerieth in Dürftigkeit und Mangel, bis endlich ein Graf Darlington in der Grafſchaft Durham ein Hautboiſtencorps errichtete und den brodloſen Herſchel zum Unterricht der am wenigſten befähigten ſeiner Leute engagirte.

Hierdurch machte er einige ihm nützliche Bekanntſchaften und als ſeine Zeit bei dem Grafen abgelaufen war, lebte er zu Leeds, Pontrefact und Doncaſter ꝛc. von Concerten, die er gab oder leitete, wodurch er denn auch noch mehr bekannt wurde und endlich in ſeinem 30. Jahre zum Organiſten in Halefax emporſtieg.

Dies iſt Alles ſehr natürlich und begreiflich — man weiß indeſſen doch gar nicht, wie der Mann dazu kommt, aſtronomiſche Inſtrumente, Spiegelteleſkope nach ſich zu benennen, wohl gar Aſtronom ſein zu wollen? Nun, vielleicht kommt das noch.

Bald nach ſeiner dritten Anſtellung als Muſikus erhielt er eine vierte, er ward Organiſt an der Octogoncapelle zu Bath, woſelbſt er unter einem gebildeten Publikum (Bath war damals ein Modeort, der einzige Bade- und Brunnenkurort von Bedeutung in England) als Muſiker Aufſehen erregte, viele Concerte gab, die ſehr beſucht waren und hierdurch und durch Muſikunterricht ſich ein ſeine früheren Ausſichten weit überſteigendes Einkommen verſchaffte.

Herſchel, wenn er ein ordentlicher Lehrer für die vornehme Welt ſein wollte, mußte nicht allein ein paar Inſtrumente tüchtig ſpielen, ſondern auch ein guter Theoretiker ſein, das war er aber gar nicht und da er ſeinen Mangel fühlte, begann er die mathematiſche Seite der Muſik mit Eifer zu ſtudiren, dadurch kam er zu anderen als muſikaliſch-mathematiſchen Schriften, und endlich, nachdem er ſich viel mit dem, was wir gewöhnlich Mathematik nennen, mit Geometrie, Buchſtabenrechnung und Trigonometrie beſchäftigt, gelangte er auch an den höchſten Theil der Mathematik, an die Aſtronomie.

Hier nun ſetzten ihn die Wunder, welche man durch das Fernrohr ſieht und über welche er durch die höchſt populair geſchriebenen Werke Ferguſon's belehrt wurde, in Entzücken und weckten in ihm den lebhaften Wunſch, alles das mit Begeiſterung Geſchilderte auch einmal ſelbſt zu ſehen; allein wie war das zu machen? Ein Spiegelteleſkop zu kaufen, das ging bei dem ungeheuren Preiſe dieſer Inſtrumente ſo weit über ſeine Kräfte, daß daran gar nicht zu denken war.

Als Soldat hatte er gut putzen und poliren gelernt, er kam auf den Gedanken, ob er ſich nicht ſelbſt einen ſolchen Spiegel zurechtputzen und poliren könne; er verſuchte es. Das Spiegelmetall allerdings war theurer als Meſſing, indeß mit einem Pfund Sterling konnte er ſchon ein halbes Dutzend mehr als handgroßer, runder Scheiben erhalten; dieſe drehte er bei dem Gießer gleich ab und nun ging er mit unſäglicher Geduld an das Schleifen und darauf an das Poliren aus freier Hand.

Bald verwendete er all ſeine übrige Zeit lediglich zu dieſem Geſchäft und er erzählt ſelbſt hierüber: als er zu Bath war, habe ihm noch gänzlich alle Praxis und Erfahrung gefehlt, welche für die Optik und Mechanik ſo wichtig iſt. Dieſe Erfahrung erwarb er ſich ſtufenweiſe, indem er zu ſeinem Vergnügen nach und nach zweifüßige, fünf-, ſieben-, zehn- und zwanzigfüßige Newton'ſche Fernröhre und außerdem andere Gregorianiſche von 8 Zoll bis 10 Fuß Brennweite machte.

„Mein Verfahren bei der Verfertigung dieſer Inſtrumente zu jener Zeit, wo die directe Methode, den Spiegeln die Form eines Kegelſchnittes zu geben, mir noch nicht bekannt war, beſtand darin, von jeder Art mehrere Spiegel gießen zu laſſen und ſie, ſo gut ich konnte, zu vollenden, dann den beſten herauszuſuchen und die anderen wieder zu ſchleifen. Auf dieſe Weiſe machte ich im Laufe der Jahre nicht weniger als 200 ſiebenfüßige, 150 zehnfüßige und ungefähr 80 zwanzigfüßige, nicht zu gedenken der Gregorianiſchen und der nach der Conſtruction von Dr. Smith's Spiegelmikroſkop gefertigten, deren ich gleichfalls eine große Anzahl machte. Meine mechaniſchen Beluſtigungen gingen Hand in Hand mit meinen optiſchen. Die Anzahl von Geſtellen, welche ich für jene Fernröhre erfand, möchten ſich nicht leicht angeben laſſen, ich erſann und zeichnete ſie von den verſchiedenſten Formen und führte diejenigen, welche am meiſten zu verſprechen ſchienen, aus."

Mit dieſen Inſtrumenten betrachtete nun Herſchel den Himmel voll unermüdlichen Eifers mit dem beſten Erfolge, ohne jedoch die Pflichten ſeines Amtes darum zu vernachläſſigen. Oft ſtahl er ſich vom Theater oder aus dem Concertſaal hinweg, um einen Blick auf den Himmel werfen zu können, kehrte aber immer zur rechten Zeit wieder zurück, um ſeinen Platz unter den Muſikern wieder einzunehmen.

Nachdem Herſchel nun ein paar große, ihn einigermaßen befriedigende Teleſkope beſaß (die andern verkaufte er und aus dem Erlös beſtritt er die Koſten zu immer neuen Verſuchen, dem Ankauf aſtronomiſcher Werke, Karten) begann er in ſeinem 41. Jahre den Himmel regelmäßig zu durchforſchen, die Sterne und deren Standpunkt mit den Sternverzeichniſſen zu vergleichen

d dabei entdeckte er einen Kometen, über welchen er an die königliche ocietät in London eine Abhandlung richtete. Man wies ihn nicht hoch-ıthig fort, man fragte nicht nach ſeiner Berechtigung, etwas zu leiſten, nn damals hatte ſich der Zunftzwang noch nicht von dem Handwerker-nde über die Gelehrtenwelt verbreitet, damals durfte man noch irgend das leiſten, ohne einer Gelehrtengilde anzugehören; man rückte ihm nicht nen Muſikantenſtand vor, ſondern man ward auf den wunderbaren Mu-anten und ſeinen Stern aufmerkſam (zuerſt beobachtet am 13. März 1781) d es ergab ſich, daß dieſes der erſte neue Planet war, den Bode ſpäter :anus zu nennen vorſchlug, was auch allgemein an Stelle des Georgs-ſternes, wie ihn Herſchel genannt wiſſen wollte, durchging.

Jetzt wurde nicht allein das ganze wiſſenſchaftliche Europa, ſondern, es noch viel mehr ſagen will, nun ward ſogar der König Georg III. fmerkſam auf ſeinen Unterthan, er enthob ihn ſeines Muſikantenamtes d ſetzte ihm einen bedeutenden Gehalt aus, damit er ſich der Aſtronomie ein widmen konnte; und jetzt kehrte ſich die Beſchäftigungsweiſe Herſchel's ı, was früher nur ſeine Mußeſtunden füllte, ward ſeine Hauptarbeit und n Broderwerb wurde ihm Erholung. Er baute unfern Windſor ein Ob-vatorium, war vollkommen glücklich in Erreichung aller ſeiner Wünſche d war unermüdet emſig in ſeiner anſtrengenden Arbeit.

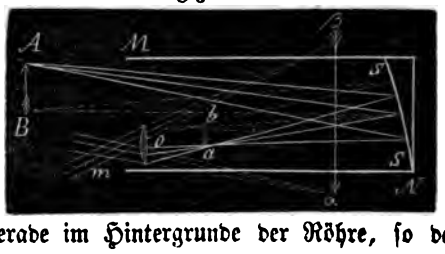
Herſchel beobachtete nun die Bewegung der Fixſterne, entdeckte die ewegung der Sonne um einen fernen Centralpunkt, entdeckte die Abplattung s Mars und die Umlagerung ſeiner Pole mit Eis, welches ſich vermehrt ihrend des Winters und verringert während des Sommers eines Poles; entdeckte 466 neue Nebelflecke, lehrte, daß die Milchſtraße ſelbſt ein ſolcher ebelfleck ſei, deſſen Lage er genau beſtimmte, ſo wie er auch das Verhältniß r Sonne zu denſelben (als eines Sternes in dem Sternhaufen) feſtſtellte; tdeckte die ſieben Trabanten des Saturn und die Mehrtheiligkeit ſeines inges, entdeckte die Beſchaffenheit der Sonnenflecke und bewies daraus, ß ſie nicht Vorgänge an dem Sonnenkörper, ſondern in der Atmoſphäre rſelben ſeien.

Dabei war er auch hinſichtlich der Verfertigung großer Teleſkope uner-idet thätig, erſann neue Conſtructionen und eine der wichtigſten Erfin-ngen iſt das Spiegelteleſkop, welches ſeinen Namen führt.

Durch den zweiten Spiegel, welchen das Newton'ſche Teleſkop hat, ht eine ungemeine Menge Licht, die volle Hälfte des auffallenden Lichtes rloren; Herſchel kam auf den Gedanken, das Luftbild, welches der piegel in ſeinem Focus macht, direct, ohne Dazwiſchenkunft eines andern ittels als des in jedem Falle nöthigen Ocularglaſes, zu betrachten und

war erſtaunt über den ungeheuren Unterſchied in der Lichtſtärke; ſein Teleſkop erhielt nun folgende, von den andern abweichende Einrichtung: der Spiegel

Fig. 379.



SS ſteht nicht gerade im Hintergrunde der Röhre, ſo daß ſeine Axe parallel mit der Axe des Rohres iſt, ſondern er ſteht ſo ſtark geneigt, daß die eine Seite des Strahlenkegels, welchen die reflectirten Strahlen von dem Spiegel bis zum Brennpunkt bilden, parallel mit der Wand des Rohres läuft.

Der Gegenſtand *AB* wird durch den Hohlſpiegel in dem Punkte *ab* als Luftbild verſammelt und von *m* aus durch das Linſenglas *o* vergrößert betrachtet, wodurch das Bild, nach *αβ* verſchoben, ſehr ausgedehnt erſcheint.

Herſchel ward von der Trefflichkeit dieſer Einrichtung ſo durchdrungen, daß er ſeine beſten Spiegel ſo montirte und auf den Gedanken kam, ein vierzigfüßiges Teleſkop zu conſtruiren. Der König von England ward davon unterrichtet und verſprach die nöthigen Mittel dazu herzugeben. Alsbald machte ſich Herſchel daran, ließ einen 5 engl. Fuß im Durchmeſſer haltenden, 3 Zoll dicken Spiegel (welcher gegen 3000 Pfund wog) gießen, ſetzte denſelben nach dem Schleifen und Poliren in eine 40 Fuß lange Röhre (ſo lang war ſeine Focalweite) und gab ihm eine 6500malige Vergrößerung.

Hiermit wurde das Wunderbarſte geleiſtet, was bis auf die neueſte Zeit in der Aſtronomie geſchehen, und der kurze Abriß der Lebensbeſchreibung Herſchel's hat hier nur Platz gefunden, um zu zeigen, wie wenig gerechtfertigt der Zunftzwang überhaupt, wie am allerwenigſten in irgend einer Wiſſenſchaft gerechtfertigt ſei. War Jemand nicht berechtigt, in der Aſtronomie etwas zu leiſten, ſo war es der Sohn des Militairmuſikers Herſchel, der Hautboiſt Wilhelm Herſchel, er war Muſikus bis zu ſeinem 40. Jahre und was hat er geleiſtet in der Aſtronomie? wie hat er Jahr für Jahr ein neues Feld eröffnet, neue Entdeckungen der wichtigſten Art gemacht?

Der Domherr Köpernick (Copernicus), der Bauernſohn Laplace, der Handlungsdiener Beſſel, der Arzt Olbers, der Lieutenant Enke ge-

hören gerade hierher, weil sie Astronomen sind, aber sind denn der Fabrikherr Scheibler und der Apotheker Davy, der Buchbinder Faraday, der Papiermüller Blanchard, der Bürgermeister Guerike nicht auch nennenswerth? Noch Andere, vielleicht nicht mit gleichem Genie begabt, haben doch wie fleißige Bienen den Honig aus allen Blumen zusammengetragen, über welche ihr Leben sie führte; sie bringen, was dem Laien unerreichbar, weil er es in hundert verschiedenen Büchern suchen müßte, auf einer Tafel zusammen und erwerben sich das hohe Verdienst, die Wissenschaften auszubreiten, zugänglich zu machen, die Sperre aufzuheben, mit welcher diese durch die Zünftigen umzogen sind, sie werden deshalb auch von den gelehrten Professoren oft genug angegriffen und auf der Tretmühle der Kritik verarbeitet, aber dafür entschädigt sie die Gunst des Publikums, welches ihre Werke versteht und liest, die Werke der zünftigen Meister aber, welch einen Schatz von Gelehrsamkeit sie auch enthalten, doch nicht benutzen kann, weil sie in Hieroglyphen geschrieben sind und zwar wie es scheint nur deshalb, damit das Wissen einer Kaste verbleibe, wie es ja auch im Alterthum so gewesen. Die Formelnlehre der Chemie scheint Gleiches zu beabsichtigen.

Kehren wir zu den Spiegelteleskopen zurück, so wollen wir noch des von Lord Rosse erbauten erwähnen, welches nach Herschel's Einrichtung ohne einen zweiten Spiegel wirkt, einen Durchmesser von 6 Fuß und eine Länge von 70 Fuß hat.

Dasselbe steht so ummauert und nur im Meridian beweglich zu Parsonstowe in Irland und hat gedient, eine Menge bisher für unauflöslich gehaltene Nebelmassen in Sternhaufen zu verwandeln, und von diesen Formen und Anordnungen zu zeigen, wie man nie geahnt hat, daß sie existiren.

Fig. 380.

Nach den bisherigen Leistungen hat man das Außerordentlichste davon zu erwarten.

Es hat eine gewisse Unbequemlichkeit, das Bild des betrachteten Gegenstandes in einer so ganz anderen Richtung zu sehen, deshalb hat für die Spiegelteleskope von mäßiger Größe der Engländer James Gregory, Professor der Mathematik zu St. Andrews in Schottland, etwa 100 Jahre vor Herschel die Form erdacht, welche unter den Spiegelteleskopen die älteste ist und äußerlich dieselben den Fernröhren mit Gläsern am ähnlichsten macht.

Fig. 381.

Die hier gegebene Fig. 381 zeigt das Fußgestell und den Körper des Fernrohrs, welcher auf dem Gestell nach allen Richtungen beweglich ist. Im Hintergrunde des Rohres steht der Spiegel, welcher die Strahlen durch die vordere Oeffnung erhält. Ihm gegenüber genau in der Mitte des Rohres steht ein kleiner Spiegel, der dazu dient, die Strahlen zu empfangen und zurückzuwerfen. Dieser kleinere Spiegel muß bewegt werden können und dient dazu, die Leitstange AB, welche parallel mit dem Rohre läuft, bei A einen Knopf hat, wodurch sie gedreht werden kann, bei B aber als Schraube durch eine Nuß geht, vermöge deren B selbst mit dem daransitzenden kleinen Spiegel verschoben werden kann.

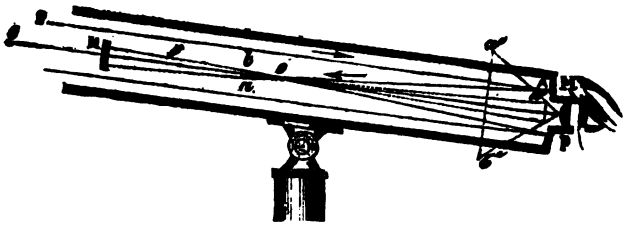
Der Hauptspiegel ist in der Mitte durchbohrt und in die Bohrung kommt die kleinere Röhre, welche die Fig. 381 zeigt und welche die Oculargläser enthält.

Die Fig. 382 (S. 585) zeigt nunmehr die innere Einrichtung und die Richtung der Strahlen A ist der im Innern stehende Spiegel, dessen Axe parallel mit der Axe des Rohres ist, oder besser gesagt, mit ihr zusammenfällt.

Die durch das Rohr parallel einfallenden Strahlen werden von dem Focus des Spiegels hin nach o zurückgeworfen. Da sie hier kein Hinderniß

finden, werden sie natürlich wieder aus einandergehen, indem sie sich kreuzen, wie ba zeigt.

Fig. 382.



Sie streifen ungehindert bis N, woselbst der kleine Spiegel steht, dessen Focus in f liegt. Die Strahlen, welche divergirend auf ihn fallen, können mithin nicht im Focus dieses Spiegels zusammenkommen, der kleine Spiegel ist so gestellt, daß unter diesen Umständen das Bild, welches er macht, nach A zurückkommt und dort ein Bild $a'b'$ giebt. Dieses Bild betrachtet das nahe daran gehaltene Auge durch die Ocularlinse MP und sieht es vergrößert in $a''b''$.

Gewiß hat diese Einrichtung große Bequemlichkeiten, allein ein Fehler ist der, daß von dem Spiegel das Beste, die Mitte herausgeschnitten ist, so daß gerade die hier zunächst der Axe auffallenden Strahlen, welche das am wenigsten durch die Kugelgestalt leidende Bild geben, fehlen, zweckgemäßer sind also die beiden andern Anordnungen unzweifelhaft.

Camera obscura.

Zu den sehr interessanten, in neuerer Zeit auch technisch wichtig gewordenen optischen Instrumenten gehört noch die dunkle Kammer.

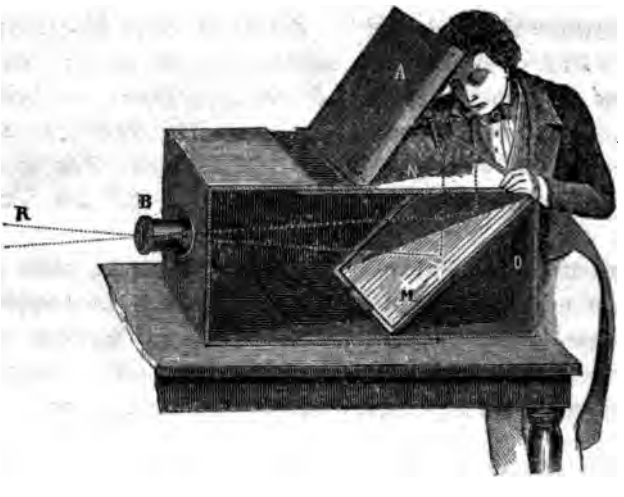
Wenn man ein Zimmer vollständig verfinstert und nur in dem Fensterladen eine kleine Oeffnung läßt, so sieht man an der dem Fenster gegenüberliegenden Wand die Gegenstände, welche außerhalb des Zimmers befindlich und durch die Oeffnung sichtbar sind, sich abbilden, verkehrt und undeutlich, aber doch so, daß man Alles wohl erkennen kann.

Daß die Bilder der Gegenstände nicht deutlich sind, kommt nur daher, daß die von jedem Punkte ausgehenden Strahlen sich nicht wieder zu einem Punkte vereinigen, sondern um so viel, als die Oeffnung gestattet, auseinandergehen. Würde man in diese Oeffnung ein Glas einsetzen, welches die Strahlen bräche und vereinigte, so könnte man von allen Gegenständen außerhalb deutliche Bilder erhalten; bei dem Fernrohr thun wir dies jeder-

zeit; das Objectivglas ist dasjenige, was in der Oeffnung sitzt, wir fangen das Bild nur nicht mit einer weißen Wand oder mit einem durchsichtigen Papier auf, sondern wir betrachten es durch ein Vergrößerungsglas und so entsteht das Fernrohr; lassen wir von dem Rohre diese Vergrößerung weg und stellen wir an den Ort, wo das Luftbild erscheint, ein weißes Papier, so sehen wir auf diesem ein Bild der Gegenstände scharf gezeichnet erscheinen und das ist die Camera obscura.

Die Einrichtungen einer solchen sind sehr verschieden, die gewöhnlichste und zugleich zweckmäßigste findet sich unter Fig. 383 abgebildet. Man sieht

Fig. 383.



auf dem Tische einen Kasten stehen, welcher aus zwei Theilen besteht, die in einander zu verschieben sind, so daß man den Kasten von *A* bis *O* verlängern und verkürzen kann.

Bei *B* ist ein Objectivglas, dessen Focalweite ungefähr die Länge von *B* nach *O* hat, so daß beim Betrachten naher Gegenstände doch noch ein scharfes Bild dadurch erhalten werden kann, daß man den Kasten ein wenig verlängert, umgekehrt wird man auch von sehr fernen Gegenständen deutliche Bilder erhalten, wenn man die Rückwand *O* näher nach *B* schiebt.

Ist diese Rückwand von matt geschliffenem Glas oder von dünnem Papier, so wird man auf dieser das Bild sehr scharf und klar haben, aber umgekehrt, die Bäume wachsen von oben herab, die Menschen laufen wie die Fliegen an der Decke, die Wolken liegen wie ein Meer unten zu Füßen des Beobachters. Legt man dagegen in der Richtung, welche die Fig. 383

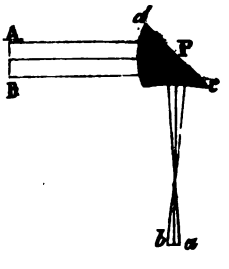
mgiebt, einen Spiegel schräg innerhalb des Kastens hin, so wirft dieser die Strahlen nach oben, und wenn nun die obere Wand von Glas oder Papier ist, so sieht man darauf die Gegenstände abgebildet und man kann sie sehr leicht zeichnen, denn man braucht nur die Contoure zu umfahren.

Gewöhnlich hat die Camera obscura diese letztere Einrichtung und dann ist der Deckel *A*, unter welchem das Glas liegt, in der schrägen Lage festzuhalten, damit er, da das Bild doch lichtschwach ist, das Licht von außen abhalte. Der Zeichner hängt auch wohl ein schwarzes Tuch um sich und den ganzen Kasten bis auf das Objectiv und je sorgfältiger er dieses thut, desto schöner wird ihm sein Bild erscheinen.

Eine sehr schöne Abänderung ist die in Fig. 384 und 385 abgebildete. *A* ist eine messingne oder hölzerne Fassung um ein rechtwinkliges Prisma

Fig. 384.

Fig. 385.



oder einen Spiegel und ein Objectivglas aufzunehmen. Der Spiegel (die große Seite des Prisma) liegt schräg gegen den Gegenstand geneigt, so daß er dessen Bild abwärts in den durch eine Tuchbekleidung verdunkelten Raum werfen kann, dort sieht man einen weißen, runden Tisch, auf welchem das Bild *B* sich entwerfen kann. Damit dieses in der nöthigen Schärfe geschehe, liegt unterhalb des Spiegels ein convexes Glas, welches die Strahlen so vereinigt, daß die Spitzen der Strahlenkegel gerade auf den weißen Tisch kommen; da indessen dies nur bei parallel einfallenden Strahlen (also von solchen Gegenständen, welche sehr weit von dem Spiegel und dem Glase

entfernt liegen) möglich ist, andere aber ein von der Linse weiter entferntes Bild geben, so thut man wohl, den Tisch nicht auf drei oder vier Füße zu stellen, sondern ihn an eben so viele Schnüre mit Gegengewichten zu hängen, so daß man die Fläche dieses Tisches beliebig schräg stellen kann, die Bilder naher Gegenstände mithin auf den entfernteren, die der entfernteren Gegenstände auf den dem Glase näheren Theilen der Fläche aufgefangen werden können.

Es kann hier wie bei der früher beschriebenen Camera obscura ein Objectivglas und ein Spiegel angewendet werden, allein der Spiegel hat unter allen Umständen die Unannehmlichkeit, doppelte Bilder zu geben; dies vermeidet man durch Anwendung eines rechtwinkligen Glasprisma, dessen eine Seite convex geschliffen ist, indessen die größte Fläche daran, welche dem rechten Winkel gegenüber liegt, als Spiegel dient. Es ist gleich, ob man dem Gegenstande die convexe oder die plane Seite zukehrt. Um das Bild reiner zu erhalten, ist die zweite von den beiden kleinen Seiten ein wenig concav geschliffen, wie die Fig. zeigt, doch ist dies keine unerläßliche Bedingung. Man bekommt solche Prismen bei jedem wohl assortirten Mechanikus in beliebiger Auswahl im Preise von 1 bis 12 Thalern und es wird die Ausgabe Niemand reuen, wenn er das durch ein gutes Prisma erhaltene Bild mit einem durch zweiflächige Spiegel gelieferten vergleicht.

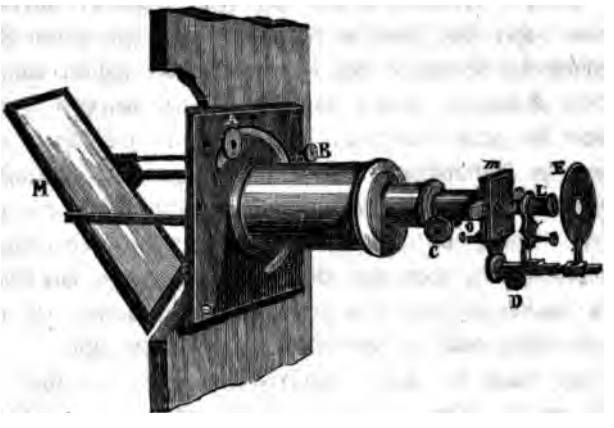
Das Sonnenmikroskop.

Die früher betrachteten Instrumente zur Vergrößerung naheliegender Gegenstände gestatteten eine directe Beschauung. Das Sonnenmikroskop und das damit verwandte Lampenmikroskop gestatten dies nicht, sondern sie werfen den Schatten des zu vergrößernden Gegenstandes auf eine aufgespannte weiße Fläche.

Wir sehen in der gegebenen Zeichnung (Fig. 386, S. 589) das Bruchstück einer Wand des dunklen Zimmers, in welchem das Sonnenmikroskop mittelst eines starken viereckigen Brettes und mittelst mehrerer Schrauben befestigt ist. Außen befindet sich der Spiegel *M*, der dazu dient, das Sonnenlicht aufzufangen und in die Röhre zu leiten. Die Knöpfe *A* und *B* innerhalb des Zimmers sind bestimmt, den Spiegel zu stellen, damit er die empfangenen Strahlen jederzeit in das Rohr werfe. *A* verschiebt den ganzen Spiegel in einem großen Bogen, welchem die Rinne entspricht, die bei *A* anfängt und mehr als einen Halbkreis einnimmt. *B* ist der Knopf einer Schraube ohne Ende, welche die schräge Richtung des Spiegels dem hohen oder niederen Stande der Sonne anpaßt.

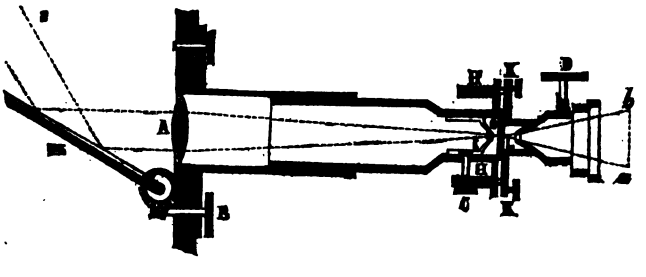
Das Hauptrohr hat, wie man auf dem Durchschnitt der Fig. 387
:, ganz vorn eine große Linse, das Erleuchtungsglas, welches die auf-

Fig. 386.



ngenen Strahlen *S*, die von dem Spiegel unter irgend einem Winkel
der parallel nach dem Glase gelenkt werden, bricht und nach dem Innern

Fig. 387.



Röhre zur Erleuchtung der dort befindlichen Gegenstände sendet. *C* der
. 386 zeigt, wie man die in einander verschiebbaren Röhren des Kör-
s dieses Mikroskopes durch eine Schraube bewegen kann, diese Schraube
auch in Fig. 387 unter dem vorderen zusammengesetzten Theile zu sehen.
h weiter vorn, aber oben, ist eine ähnliche Schraube *D* zu sehen, welche
der dient, einen anderen Theil des Mikroskopes zu verschieben.

Die Sonnenstrahlen, welche das Sammelglas vereinigt, werden noch
rfer gebrochen durch die kleine Linse *o*, hinter welcher in dem Gestell
ICK der Objectschieber der Fig. 386, mit *m* bezeichnet, sich bewegen
, derselbe wird durch eine Spiralfeder an die Wände des Gestells ge-
ckt und festgehalten in der Lage, welche man ihm zu geben für gut findet.

Vor dem Object befindet ſich eine zweite kleine Linſe von ſehr kurz Focus, *L* in beiden Figuren; ſie läßt die auf ſie fallenden, ſchon diver renden Strahlen noch breiter und weiter aus einandergehen, indeſſen d Object die Strahlen aufhält, welche auf ſeine dunklen, undurchſichtig Stellen fallen, daher ſieht man an der Wand einen ſehr hellen Schein v den vorbeiſchießenden Strahlen und einen mehr oder minder dunklen, a wohl gefärbten Schatten, welcher von dem Objecte herrührt. Zu Schau ſtellungen oder für große Auditorien wohl geeignet, weil Viele auf einm ſehen können, zu Unterſuchungen nicht, weil man den Gegenſtand nic ſieht, ſondern nur ſeinen Schatten und weil er häufig durch die große Hi zerſtört wird. Durch die mächtige Vergrößerung verliert demnächſt d Deutlichkeit des Bildes, man thut alſo gewiß nicht wohl, das Bild ſo ſe zu erweitern; allerdings kann man bewerkſtelligen, daß ein Floh eine ga Wand bedeckt, allein man hat ein mattes, undeutliches Bild.

Was hier durch die Sonne bewerkſtelligt wird, das kann durch e anderes Licht, wenn es nur auch ſehr hell iſt, gleichfalls bewerkſtelligt we den. Wir haben in dem Drummond'ſchen Kalklicht und in dem elektriſch Kohlenlicht einen Stellvertreter des Sonnenlichtes, zwar iſt keins von beid wirklich mit der Sonnenhelligkeit zu vergleichen, allein im dunklen Zimm iſt der Effect immer ganz außerordentlich groß und beim Gebrauch deſſelb iſt man nicht vom Zufall, ob die Sonne ſcheint oder nicht, abhängig.

Die Einrichtung beider iſt ganz gleich mit der des Sonnenmikroſkop nur bedarf man keines Spiegels, ſondern man ſetzt das Kalklicht oder Kohle licht gleich vor das Sammelglas.

Fig. 388.

Von einer ganz ähnlichen Zuſammenſtellu wie von ähnlicher Wirkung iſt die Later magica, Fig. 388, ein Kaſten (welchen m zum Lampenmikroſkop gleichfalls braucht) u ſchließt das künſtliche Licht, eine möglichſt he Lampe. Dieſer Kaſten hat eine runde Oe nung, in welcher ein großes, ſtarkes Samm glas befindlich; daran iſt ein Rahmen befeſti durch welchen man die gläſernen Schieber ſte welche die gemalten Bilder enthalten, die an der Wand gezeigt werd ſollen. An dieſem Rahmen ſitzt ein Doppelcylinder mit einem ſtark wölbten Glaſe, ſo vorn als hinten. Viele ſolcher Inſtrumente haben n die beiden letztgedachten Gläſer und das im Kaſten ſitzende gar nicht, dient jedoch zur beſſeren Erleuchtung und macht die Strahlen der La parallel, wenn dieſe in dem Brennpunkt des Glaſes ſteht.

Das Licht, welches hierdurch auf die Glasschieber fällt, erleuchtet diese sehr stark und die Gläser in dem Doppelcylinder entwerfen dasselbe auf die Wand; je weiter man von derselben absteht, desto größer, je näher man an derselben, desto deutlicher ist das Bild; damit es aber unter allen Umständen scharf werde, verschiebt man die Gläser in dem Doppelcylinder durch Annäherung und Entfernung, bis man den rechten Punkt getroffen hat.

Doppelte Strahlenbrechung. Polarisation.

Was wir bisher von der Brechung des Lichtes gesagt, betraf die gewöhnliche einfache Brechung, wie das Licht sie jederzeit erleidet, wenn es aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes übergeht. Nun sind aber Krystalle entdeckt worden, welche das Licht doppelt brechen, d. h. durch welche man einen Gegenstand zweimal sieht. Diese Eigenschaft, einer großen Menge Krystalle angehörig, tritt doch auf das Lebhafteste hervor nur bei dem rhomboedrischen Kalkspath, welchen man früher nur auf Island gefunden hatte und der daher isländischer Kalkspath heißt. Die doppelte Strahlenbrechung ward vor mehr als 200 Jahren durch Bartholin entdeckt und etwa 30 Jahre später entwickelte Huyghens die Theorie dieser Erscheinung.

Nur Krystalle brechen die Strahlen doppelt, unter den Krystallen aber nur solche, welche nicht zu dem regulairen Krystallisationssystem gehören, so also die kubischen, octaederartigen ꝛc. nicht, die unkrystallisirten Körper, wie das Glas, haben diese Eigenschaft auch nicht, können sie jedoch durch Pressung oder schnelle Abkühlung erhalten, Flüssigkeiten sind niemals doppelt brechend.

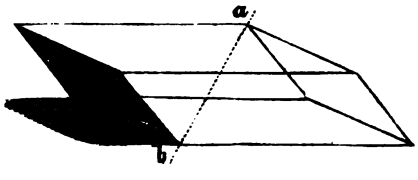
Aber auch in den doppelt brechenden Krystallen giebt es jederzeit eine oder zwei Richtungen, in denen ein Strahl hindurchgehen kann, ohne doppelt gebrochen zu werden, in welcher Richtung hindurchsehend man also die Gegenstände einfach sieht; diese Richtung heißt die optische Axe, in manchen Lehrbüchern wird sie auch die Axe der doppelten Brechung genannt, dies ist jedoch durchaus unstatthaft, da gerade in dieser Axe keine doppelte Brechung liegt.

Einaxige Krystalle sind solche, bei denen nur in einer Richtung der

Strahl unverändert durchgeht, zweiaxige heißen diejenigen Krystalle, bei denen der Strahl auf zwei sich kreuzenden Wegen einfach gebrochen in das Auge gelangt.

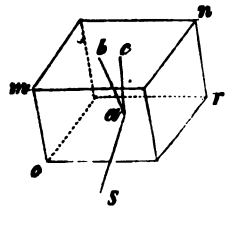
Der isländische Kalkspath hat eine optische Axe, er besteht aus einem abgeflachten Kubus, dessen Seiten sämmtlich verschoben sind; solche Seiten nennt man Rhomben und einen Körper, der von sechs solchen Seiten eingeschlossen ist, nennt man einen Rhomboeder. (Fig. 389 zeigt denselben;

Fig. 389.



natürlich kann er bei gleicher Höhe länger, bei gleicher Länge dicker sein, hierauf kann es nicht ankommen, sondern lediglich darauf, daß jede seiner sechs Seiten ein verschobenes Viereck, ein Parallelogramm ohne rechten Winkel bilde.) In diesen Körpern sind zwei Ecken, welche durch drei stumpfe Winkel gebildet sind, a und b. Die Linie, welche diese beiden Punkte verbindet, heißt die optische Axe, und wenn man die obere und die untere Spitze wegschleift und durch die beiden neugebildeten parallelen Flächen hindurchsieht, so erblickt man den Gegenstand einfach. Stellt man solchen Krystall auf ein

Fig. 390.



weißes Papier, auf welchem man einen Punkt a gezeichnet hat und sieht von oben senkrecht darauf, so sieht man durch den Kalkspath hindurch nicht einen, sondern zwei verschiedene Punkte in den Richtungen ab und ac, der eine folgt den gewöhnlichen Brechungsgesetzen und heißt der ordentliche Strahl ac, der andere, welcher von diesen Gesetzen abweicht ab, heißt der außerordentliche, der extraordinaire Strahl. Fällt ein Lichtstrahl s auf die Fläche or in den Punkt a, so geht er doppelt hindurch, und ein Blatt Papier auf die Fläche mn gelegt, zeigt zwei helle Punkte.

Wenn man den Krystall zwar auf seiner Fläche liegen läßt, aber ihn in horizontaler Richtung dreht, so wird man bemerken, daß einer der beiden gesehenen Punkte unverändert bleibt, indeß der andere, so wie man den Krystall dreht, in derselben Richtung fortschreitet. Der ruhende ist der ordentlich, der schreitende der außerordentlich gebrochene Strahl.

Man sagt zwar, in einer gewissen Lage decken sich die Bilder bei dieser Drehung, dies findet aber gar nicht statt und kommt nur daher, daß

n häufig statt eines Punktes eine schwarze Linie betrachtet. Das außer-
entliche Bild umkreist nun auch das ordentliche so wie den Punkt, allein
einer ganzen Umdrehung tritt zweimal der Fall ein, daß die Linien sich
ade über einander lagern und das Bild dadurch viel stärker, daß es
pelt so tiefschwarz wird, daher die oben ausgesprochene Ansicht; allein
e Linien decken sich nicht, so wenig wie die beiden Punkte, man sieht
nlich aus der schwarzen Linie auf jedem Ende eine Strecke herausragen,
iche weniger gefärbt, weniger dunkel ist als der übrige Theil, dies ist
einzelne sichtbare, ordinaire und extraordinaire Strahl, und wenn man
aufmerksam verfolgt, wie sie sich einander nähern, so wird man sehr
hl sehen, daß der eine dieser Striche im Heranrücken immer über den
ern hinaussieht und daß, wenn sie dicht an einander (noch nicht auf
ander) liegen, sie keineswegs mit ihren Enden neben einander stehen,
dern so ——————, wodurch also, wenn sie sich scheinbar zu einem
rich vereinigt haben, derselbe viel länger ist als jeder einzelne vorher.

Der gewöhnliche Strahl befolgt die Gesetze der Brechung in dem
pelt brechenden Krystall genau so wie in jeder andern durchsichtigen und
fach brechenden Substanz. Der ungewöhnlich gebrochene Strahl thut
den einaxigen Krystallen dieses auch, nur sind die Zahlenwerthe der
echungswinkel verschieden von denen der ordentlichen Brechung. Bei
len doppelt brechenden Krystallen erkennt man diese Eigenschaft gar nicht,
nn ihre Hauptflächen mit der Hauptaxe parallel laufen, wie z. B. bei
rgkrystall. Bei diesem muß man künstliche Flächen anschleifen, um die
ppelte Brechung zu finden.

Bei doppelt brechenden Krystallen findet man noch den merkwürdigen
terschied, daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl sich der Axe mehr
hert als der gewöhnliche, während dies bei andern wieder umgekehrt ist,
em der ungewöhnlich gebrochene Strahl sich von der Axe mehr ent-
rnt. Die ersteren nennt man Krystalle mit anziehender (attractiver), die
dern Krystalle mit abstoßender (repulsiver) Axe.

Die einaxigen, doppelt brechenden Krystalle sind nicht sehr zahlreich,
uptsächlich gehören dahin außer dem isländischen Kalkspath noch der Berg-
ystall, der Apatit und einige Edelsteine, Turmalin, Corund, Saphir,
maragd, Rubin und Beryll. Zu den zweiaxigen, welche zahlreicher sind,
ören Glimmer, Talk, Borax, Salpeter, Gyps, Schwerspath, Aragonit,
ißes Bleierz, Topas, Cyanit, Cöleslin, das kohlensaure wie das schwefel-
ure Kali, das chlorsaure Kali, das Eisenvitriol, der Zucker, die Citronen-
ure, Weinsteinsäure u. a.

„Die Erklärung, welche die Undulationstheorie für die Erscheinungen

größte polarisirende Vorrichtung ist das Himmelsgewölbe — jede re-
irende Fläche, welche nicht etwa ein polirtes Metall ist, polarisirt das
t — der unbelegte Glasspiegel, die schwarze Glastafel, der polirte Tisch,
mit Oelfarbe angestrichene Fensterbrett polarisirt das Licht. Wie wenig
ürte dazu, einen solchen polarisirenden Gegenstand durch einen zweiten
egel (wie etwa schwarzes Glas) zu betrachten und dabei zu sehen, daß
erste Gegenstand bald sichtbar ist, bald verschwindet, je nachdem der
egel mit dem ersten parallel steht oder seine Ebene jene schneidet —
einfach auch — dennoch ward es nicht gefunden.

Fig. 391.

Die nebenstehende Fig. 391 zeigt den Polarisations-Apparat in seiner einfachsten Gestalt. Das Gestell aus Holz oder Messing steht auf einem Kasten, welcher bestimmt ist, die Nebenstücke des Apparats darin aufzunehmen. Auf diesem Kasten liegt ein gewöhnlicher Spiegel horizontal. Zwischen den Säulen befindet sich ein unbelegtes Spiegelglas *n*, welches um seine Axe *c* dergestalt drehbar ist, daß es das Licht von dem Himmelszelte aufnehmen (die Pfeile deuten die Richtung an) und auf den eigentlichen Spiegel *p* werfen kann.

Dieser Spiegel kann von Glas und belegt oder von Metall sein, dies ist gleichgültig, denn das auf ihn fallende Licht ist schon polarisirt durch den Reflex vom Himmel her und von der unbelegten Spiegelplatte. Würde gewöhnliches Licht auf ihn fallen, so
:de er dieses nicht in polarisirtes verwandeln können, bereits polarisirtes
r giebt er unverändert weiter.

Zwischen *d* und *b*, den beiden Hauptstützen des Apparats, befindet ein Rahmen *ak* mit einer darin eingelassenen schwarzen Tafel, welche
: Oeffnung *e* hat. Es ist dies nichts weiter als ein Tisch, auf den
ı die zu untersuchenden Körper legt; er kann überhaupt beseitigt werden,
ın man die Gegenstände in der Hand halten will, jedenfalls aber ist es
ıem, einen solchen zu haben.

Oben auf den Säulen steht noch ein solcher Rahmen *i*, innerhalb dessen ein zweiter *o* mit einem viereckigen, weiten Ausschnitt. Dieser zweite drehbare Rahmen trägt einen Spiegel *m*, den man vor sich neigen kann, wie es das Experiment erfordert, der aber auch außerdem in jeder beliebigen Neigung horizontal drehbar ist.

Mittelst dieses zweiten Spiegels wird das polarisirte Licht untersucht, deshalb heißt er die analysirende Vorrichtung, der schräg stehende Spiegel *n* ist die polarisirende.

Denken wir uns *ak* ganz fort und nur die beiden Spiegel wirksam, in der Lage, in welcher das Bild dieselben zeigt, so wird man, in den oberen Spiegel hineinsehend, so daß man voraussetzen kann, die Spiegelfläche *r* durch die von unten heraufgeworfene Helligkeit erleuchtet zu sehen, jene obere doch durchaus dunkel, lichtlos, schwarz finden. Das Licht, welches von unten herkommend auf diesen oberen Spiegel fällt, ist für ihn nicht da, ist nicht zurückwerfbar.

Stellt man dagegen den Spiegel *m* (dessen obere Kante jetzt mit der oberen Kante des Spiegels *n* einen rechten Winkel macht), so, daß seine obere Kante mit eben der des unteren Spiegels parallel läuft, dreht man den oberen Spiegel, ohne seine schräge Neigung zu ändern, um einen Viertelkreis um, also dergestalt, daß sein Befestigungspunkt *o* (an dem inneren drehbaren Rahmen) nicht mehr dort, sondern um 90 Grade davon bei *i* oder auf der *i* entgegengesetzten Seite steht, so wird man den oberen Spiegel in voller Beleuchtung sehen.

Man kann zu diesem Apparat auch zwei Spiegel *n* und *m* von schwarzem Glase nehmen, dann fällt der Spiegel *p* ganz weg, dann muß aber der Apparat umgekehrt gestellt werden, nämlich so, daß die Strahlen von dem Himmelsgewölbe nicht von *s* nach *n* gehen, sondern von der entgegengesetzten Seite, z. B. von *b* nach *n*. Man wird in diesem Falle genau dasselbe sehen, nur muß man den ganzen Apparat so neigen, daß vom Himmel auf den Spiegel *n* fallendes Licht auch wirklich nach *m* gelangen kann. Dies geschieht bei dem aufrecht stehenden Apparat durch den Spiegel *p*, da dieser bei schwarzen Spiegeln wegfällt, so muß man den richtigen Zurückwerfungswinkel aufsuchen.

Derselbe Effect, welcher hier durch unvollkommene Spiegel erreicht wird, kann auch durch unvollkommen durchsichtige Körper erzielt werden. Wenn man statt des einen Spiegels zwanzig wohl gereinigte Spiegelglasplatten auf einander legt und dieselben zusammenfaßt zu einem dicken Satz von Glastafeln, so ist das da hindurchgehende Licht polarisirt. Es sind bei zwanzig Glastafeln nämlich vierzig Flächen, von jeder Fläche wird etwas

ückwerfbares Licht wirklich zurückgeworfen, von jeder folgenden aber etwas niger als von der vorigen, endlich ist kein zurückwerfbares Licht mehr chanden, was nun durchgeht, das geht auch noch durch hundert Spiegelitten beinahe ungeschwächt hindurch. Eine Schwächung findet allerdings ch statt durch Absorption des Lichtes in der nicht vollkommen durchsichen Masse, selbst die Luft schwächt ja das Licht bei seinem Durchgange, ein durch Reflex wird das nach der Polarisation durch ferneres Glas ende Licht keineswegs mehr vermindert.

Aber auch das zurückgeworfene Licht ist polarisirt und so wie jenes die genschaften der einen Hälfte des Lichtes hat, so hat das zurückgeworfene Eigenschaften der andern Hälfte.

Noch eine dritte Art zu polarisiren und zwar diejenige, welche am nlichsten, am bequemsten zu manipuliren, ist die durch doppelt brechende ystalle.

Bei dem Kalkspath findet eine solche Polarisation statt, jedes der beiden ilder ist durch polarisirtes Licht hervorgebracht, jedes derselben durch eine dere Hälfte des Lichtes. Wenn es möglich wäre, das eine dieser Bilder, h. das polarisirte Licht, wodurch es sichtbar wird, fortzuschaffen, so würde s Kalkspath einen solchen Polarisationsapparat geben. Dies ist dem glischen Gelehrten Nicol gelungen; er schneidet ein Stück Kalkspath aus ander und setzt seine polirten spiegelnden Flächen wieder zusammen.

Fig. 392.

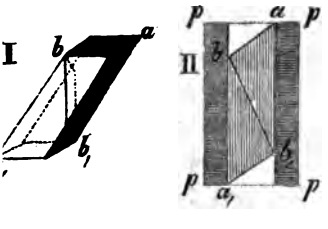


Fig. 392 *I* ist ein Kalkspathrhomboeder. *b* und *b*, sind die stumpfen Krystallwinkel und die Linie *b b*, ist also die Hauptaxe, welche die drei Winkel bei *b* mit den gegenüberliegenden bei *b*, verbindet. Ein durch diese Linie gelegter Schnitt heißt der Hauptschnitt. Man sägt in dieser Richtung ein Kalkspathrhomboeder in zwei Stücke, leift und polirt die Flächen und kittet sie durch etwas recht durchsichtigen nadabalsam zusammen.

Nunmehr setzt man dieses Stück in einem Rohre *pp* solchergestalt ein, die kurzen Flächen *a b* und *a, b*, an beide Enden der Röhre kommen der Hauptschnitt dadurch eine sehr schräge Stellung gegen die Röhre ält.

Wenn nun ein Lichtstrahl bei *a b* eintritt, um nach *a, b*, und weiter gehen, so beginnt alsbald die doppelte Brechung und es gehen zwei ahlen auf die Fläche *b b*, zu. Der eine, den man den gewöhnlichen

nennt, kommt hier an ein fremdes Mittel, an den Spiegel von Canadabalsam; da er dem gewöhnlichen Gesetze der Reflexion folgt, da er die Fläche unter einem sehr großen Winkel trifft, wird er reflectirt, er geht nicht weiter als bis an den Schnitt.

„Der andere Strahl, der bis dahin gelangt" — so sagt Dove unter allgemeiner Heiterkeit seiner Zuhörer — „der andere Strahl sagt: was werde ich mich vor dem Tropfen Canadabalsam geniren, was kehre ich mich an die ordentlichen Gesetze der Brechung, ich bin ja der außerordentliche Strahl! und er geht hindurch." Nun haben wir, was wir wollen, wir haben polarisirtes Licht. Beide Strahlen, welche durch den Kalkspath oder einen doppelt brechenden Krystall gehen, sind polarisirt und zwar jeder rechtwinklig auf den andern. Schafft man keinen derselben fort, so ist das Gesammtlicht beider Strahlen wieder nicht polarisirt, schafft man jedoch einen der Strahlen fort, so findet der andere sich als vollkommen polarisirt vor und kann zu einem Polarisations-Instrumente benutzt werden.

Auch der Turmalin gewährt dies, besonders die bräunliche und hellgrüne Varietät desselben, weniger die bläuliche. Schneidet man einen Streifen von $\frac{1}{20}$ Zoll Dicke aus einem Stück Turmalin parallel mit der Hauptaxe, so findet man ganz dasselbe wie bei einem Kalkspathkrystall. Fügt man an diese Platte eine zweite, so ändert sich nichts, als daß die doppelte Strahlenbrechung etwas stärker ist. Wenn man diese beiden Platten aber nicht so über einander legt, wie sie von Hause aus in dem Krystall gelegen haben, sondern wenn man sie um einen Viertelkreis umdreht, so löschen sie gegenseitig ihr durchgelassenes Licht aus.

Gewöhnlich faßt man die zwei Turmalinplättchen jede in eine besondere loupenartige Vorrichtung und setzt sie mit einem federnden Drahte zu einer Art Zange in Verbindung, sie heißt die Turmalinzange und dient, um kleine Krystalle, die man zwischen die beiden Plättchen klemmt, nach ihrer Strahlenbrechung zu untersuchen; so werden die zwei Turmalinplatten, die sich kreuzend vollkommen undurchsichtig, doch wieder durchsichtig, wenn man ein Glimmerblatt dazwischen bringt.

Die Polarisation sichtet die nicht polarisirten Strahlen wie ein Sieb. Das Licht besteht aus querschwingenden Aethertheilchen, treffen diese Theilchen mit ihren Flächen auf einen Spiegel, so werden sie reflectirt, treffen sie mit ihren Enden auf, so werden sie eingelassen in die spiegelnde Fläche, sie werden verschluckt. Dove braucht wie immer einen höchst anschaulichen Vergleich, er sagt: „denkt man sich Nadeln in ein Sieb geschüttet, in dessen Boden sich lauter parallele Schlitze befinden, durch welche die Nadeln durchfallen können, so werden alle hindurchfallenden parallel sein, fängt man sie

einem zweiten ganz ähnlichen Sieb auf, ſo werden die Nadeln bei gleicher
ge des Siebes auch durch dieſes hindurchfallen; dreht man hingegen das
tere Sieb in ſeiner Ebene um einen Viertelkreis um, ſo werden alle
deln auf demſelben liegen bleiben. Fielen die Nadeln in lothrechter Linie
ab, ſo würde die Drehung der Siebe in ihrer Ebene keinen Unterſchied
vorbringen." Ich brauche wohl nicht zu ſagen, daß die Siebe die Tur-
linplatten bedeuten, die Nadeln aber die Schwingungen vorſtellen, welche
h der einen Richtung des Körpers ſich ungehindert fortpflanzen, in der
rauf ſenkrechten aber aufgehoben werden.

Ein jeder Apparat zu den Polariſationsverſuchen beſteht aus zwei ganz
ichen Theilen von gleicher Wirkung, deren einer das Licht polariſirt, der
dere die Kryſtalle unterſucht, welche in dieſes Licht gehalten werden; der
e derſelben heißt, wie ber. bem., nach ſeiner Aufgabe die polariſirende, der
dere die analyſirende Vorrichtung und man kann zwei Spiegel anwenden oder
ei Glasſätze, zwei Nicols oder einen Spiegel und ein Nicol'ſches Prisma,
en Glasſatz und ein Prisma und man kann die Funktionen vertauſchen,
analyſirende Vorrichtung zur polariſirenden machen oder umgekehrt, gleich-
l, immer wird der Zweck erreicht werden, das Licht in dieſe zwei Ab-
ilungen, aus denen es zuſammengeſetzt iſt, zu zerlegen.

Um zu beurtheilen, ob Licht polariſirt, d. h. ob es von einer unvoll-
nmen ſpiegelnden Fläche zurückgeworfen, oder ob es ungetheiltes, von
em ſelbſt leuchtenden Körper ausgehendes iſt, hält man einen Nicol vor
s Auge und betrachtet den Gegenſtand, der das Licht ausſendet, dadurch:
ibt das Licht, die Helligkeit, ſich gleich, wie man den Nicol oder die
rmalinplatte drehe, ſo iſt das Licht unpolariſirt, verſchwindet das Licht
ig, ſo iſt es vollkommen polariſirt, wechſelt die Helligkeit, ſo iſt es theil-
iſe polariſirt.

Die Sache iſt von großer Wichtigkeit, ſie giebt uns die ſicherſten Auf-
lüſſe über die phyſikaliſche Beſchaffenheit von Gegenſtänden, welchen zu
jen uns unmöglich iſt. Was leuchtet in der Sonne? Iſt es eine Gas-
, welche brennt, oder iſt es ihr Körper ſelbſt, welcher in weißglühendem
ſtande befindlich uns ſo lebhafte Strahlen zuſendet? Wer kann dieſe
age beantworten?

Das Polariſations-Inſtrument, vermöge deſſen man entdeckt hat, daß
e weißglühende Eiſenkugel von ihrem Rande ganz anderes (polariſirtes)
ht ausſendet als von ihrem Mittelpunkte, indeſſen eine Gasflamme und
re ſie die größte und mächtigſte, von allen Punkten ihrer Oberfläche
ig *gleiches, nicht* polariſirtes Licht ausſendet.

Man hat gefragt: iſt der Mond bewohnbar? hat er Waſſer? — Der

Mond giebt nur polarisirtes Licht (von einem unvollkommenen Spiegel zurückgeworfenes), wie werden wir da zu einer Antwort gelangen? Jede Flüssigkeit, jeder reflectirende Körper hat einen gewissen Winkel der Polarisation, Schwefelsäure einen andern als Wasser, dieses einen andern als eine unbelegte Spiegelscheibe, diese einen andern als krystallisirter Gyps, Bergkrystall ꝛc. ꝛc. Die Untersuchungen mit feinen Polarisations-Apparaten, an welchen die Winkel gemessen werden können, zeigen uns, daß Wasser, Schwefelsäure, Oel u. s. w. auf dem Monde keine spiegelnde Fläche bilden, aus dem Ersteren allein geht hervor, daß Pflanzen und Thiere, wie sie auf der Erde existiren, dort nicht möglich sind.

Jahrtausende hindurch hat der Komet, die feurige Ruthe, das flammende Schwert, welches die Hand des Herrn zum Himmelsfenster hinausstreckt, um dem sündhaften Menschen zu drohen, um ihn mit Krieg und Pestilenz zu strafen, uns geschreckt, bis vor dem Lichte der Wissenschaft der Aberglaube sich verbergen mußte. Da aber trat ein anderes Schreckbild auf — der Komet ist ein ungeheurer Weltkörper, der in langgestreckten, die Bahnen der andern Weltkörper kreuzenden Ellipsen daherbraust — wird er nicht einmal die Erde treffen? wird er sie nicht überschwemmen? wird er sie nicht anzünden?

Der Naturforscher sagt: komme einmal her Freund, lasse dich etwas genauer besehen, brennst du denn? bist du ein selbstleuchtender Körper, kannst du uns gelegentlich den Boden, auf dem wir stehen, zu heiß machen, wie den Kameelen auf den türkischen Theatern?*) Er nimmt sein Polarisations-Instrument, untersucht sein Licht und sagt: Freund, du machst mich nicht bange, du hast kein eigenes, du hast nur zurückgeworfenes Licht, du zündest keine Cigarre an mit deinem Feuer, viel weniger den Erdball. „Das Licht der Kometen verhält sich wie das des blauen Himmels, es ist polarisirt, also reflectirt, das Licht der Fixsterne unpolarisirt. Hält man über ein Buch eine durchsichtige Glastafel, so daß sie das Sonnenlicht stark reflectirt,

*) Im Orient ist das Tanzen der Kameele eine beliebte theatralische Lustbarkeit. Auf einem Boden aus Platten von Basalt, welcher von unten her geheizt werden kann, stehen drei oder mehr Kameele. Wie der Boden warm und wärmer wird, hebt jedes der Thiere einen Fuß, einen zweiten Fuß auf, setzt sie schnell wieder nieder, um die anderen Füße aufzuheben; der stärker heiß werdende Boden nöthigt die Thiere zu immer öfterem und immer schnellerem Aufheben der Füße, endlich scheinen sie ganz in der Luft zu schweben und sollen bei ihrer sonstigen Schwerfälligkeit und dem ungeschickten Aussehen der Körper den possierlichsten Anblick geben, den man sich denken kann, so daß die meisten Orientalen bei diesem Schauspiel lachen, bis sie vor Kopf- und Seitenschmerzen es nicht mehr können und sich von dem sie entzückenden Anblick trennen.

ſo iſt es wegen des blendenden Lichtes unmöglich, das Buch zu ſehen; durch einen Turmalin betrachtet, verſchwindet das reflectirte Sonnenlicht und man lieſt die Schrift mit voller Deutlichkeit. Betrachtet man ein auf einem Metallſpiegel liegendes farbiges Glas, ſo ſieht man die Farben nicht ſehr lebhaft, da das von der Vorderfläche des Glaſes reflectirte weiße Licht den Eindruck des farbigen, von der Hinterfläche zurückgeſendeten ſchwächt. Hält man aber vor das Auge, welches die farbige Glasplatte unter dem Polariſationswinkel betrachtet, ein Nicol'ſches Prisma ſo, daß das von der Vorderfläche reflectirte Licht verſchwindet, ſo tritt ſogleich die Farbe des Glaſes in voller Intenſität hervor. Steuert ein Schiff gerade der Sonne zu, ſo kann es, von dem Glanz der Sonne geblendet, nicht die Klippen wahrnehmen, welche dicht unter der Waſſerfläche ihm den Untergang drohen. Gebt dem wachthabenden Matroſen eine Turmalinplatte und das Schiff iſt gerettet."*)

Das polariſirte Licht iſt ſo wie für die wichtigſten Momente der Wiſſenſchaft, ſo auch für die Erforſchung tauſend anderer, minder bedeutender Erſcheinungen unentbehrlich geworden, namentlich hat die Kryſtallographie den größten Nutzen davon gezogen. Wir können nicht in einen Topas, einen Kalkſpath, einen Diamant hinein, um zu ſehen, wie es da ausſieht, wie er kryſtalliſirt iſt, wir ſchicken, da wir nicht ſelbſt hinein können, einen Spion hinein, den polariſirten Lichtſtrahl, welcher uns nach ſeinem Durchgange berichtet, wie es da ausſieht; wir wiſſen nicht, ob Glas zu einem optiſchen Inſtrumente, zu einem Spiegel gut gekühlt iſt, wir betrachten daſſelbe im polariſirten Lichte und ſiehe, es giebt Farben, bunte Flecke, es iſt alſo zu raſch abgekühlt und wird verworfen, oder es giebt keine Farben, ſo iſt es brauchbar.

Die Erſcheinungen, welche das ſchlecht gekühlte Glas liefert, ſind wohl einer näheren Beſchreibung werth, nur leider läßt ſich ohne Farben nicht viel davon zeigen.

Verſchiedene Stücke recht dicken Spiegelglaſes von etwas mehr als Zollgröße, werden im Kohlenfeuer oder in dem einer ſtarken Gasflamme lebhaft erhitzt, darauf legt man ſie zum Abkühlen auf ein Stück trockner Kohle und nun ſind ſie zum Gebrauche fertig.

Legt man ein ſolches viereckiges Stück Glas auf das Tiſchchen des Polariſations-Apparates, ſo erhält man die erſte Zeichnung der Fig. 393, S. 602 (falls die Tafel etwa $^1/_3$ Zoll dick iſt), die zweite, wenn es ein Kubus, die dritte, wenn es ein Cylinder iſt. Nur das Kreuz in der Mitte

*) Dove, Darſtellung der Farbenlehre.

ist dabei bräunlich grau oder wie man zu sagen pflegt schwarz, was aber nur eine Redensart ist, die andern Linien und Bahnen haben die schönsten Farben und die Ringe ähneln den Pfauenaugen, mit denen man sie auch häufig vergleicht.

Fig. 393.

Dreht man den analysirenden Spiegel um einen Viertelkreis aus seiner Stellung, so verwandeln sich alle Farben, statt des schwarzen Kreuzes sieht man ein weißes durchsichtiges Kreuz und obwohl die Pfauenaugen bleiben, so sind doch ihre Farben complementar entgegengesetzt, so daß dort, wo sich bei einer Stellung des Spiegels in dem gekühlten Glase Blau, Gelb und Roth zeigen, bei der um einen rechten Winkel verschiedenen Stellung des Spiegels Orange, Violett und Grün erscheinen.

Begreiflich kann man auch längliche, ovale, dreieckige, sechseckige Glasstücke so behandeln und man wird immer andere, aber stets gesetzmäßig gezeichnete Bilder erhalten.

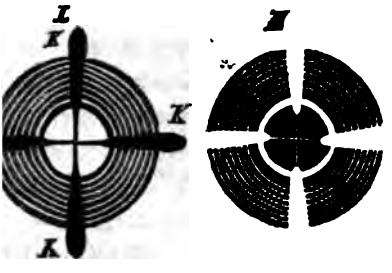
Doch nicht allein das Glühen, auch schon ein starker ungleicher Druck bringt dasselbe hervor. Läßt man sich eine Schraube von der Form der Fig. 394 machen (natürlich um ein Entsprechendes größer) und setzt man eine Glasplatte, wie die beschriebene, doch nicht geglüht, auf die hohe Kante in dieselbe, so folgt schon nach einer sehr gelinden Pressung eine Umgestaltung in der Molekularanordnung und in polarisirtem Lichte zeigen sich sofort nicht nur ganz ähnliche, sondern dieselben Erscheinungen wie bei dem geglühten Glase.

Fig. 394.

Doppelt brechende Krystalle geben noch viel schönere, wenn schon ganz ähnliche Erscheinungen, und man kann aus der Form der Bilder erkennen, ob die Krystalle einaxig oder zweiaxig sind. Man schneidet aus solchen durchsichtigen Steinen Platten in der Art, daß die optische Axe senkrecht durch dieselbe geht (so daß der Schnitt, welcher die Platte von dem Krystall trennt, die Axe senkrecht trifft). Bringt man solche Platten in den Polarisations-Apparat, so erhält man, je nachdem die beiden Spiegel oder die beiden Turmalinplatten senkrecht stehen oder sich ihre Ebenen kreuzen, die eine oder die andere der Fig. 395 (S. 603) und

das schwarze Kreuz in lauter farbigen, concentrischen Ringen, wenn Polarisirungs- und Analysirungsvorrichtung sich rechtwinklig durchden, dagegen das weiße Kreuz, wenn die beiden Vorrichtungen parallel mit einander stehen. Die Ringe haben die schönsten Regenbogenfarben, sind sehr intensiv in der Mitte und werden immer heller nach den Rändern hin, sind auch bei dem weißen Kreuz überall die Complementarfarben zu denjenigen, welche mit dem schwarzen Kreuz erscheinen.

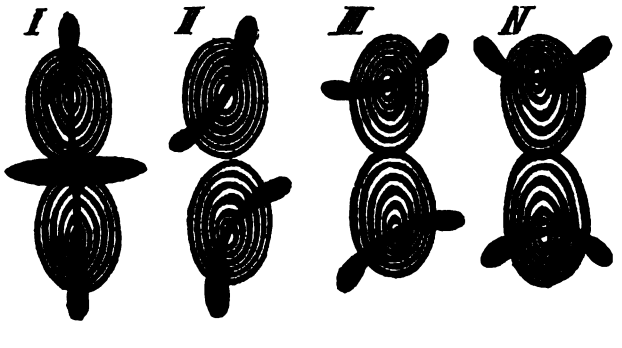
Fig. 395.



Zweiaxige Krystalle zeigen he, doch zusammengesetztere Figuren; man erhält sie gleichfalls durch Schnitt durch die Axen, allein da es nicht möglich ist, auf zwei sich benden Linien in der Ebene, in welcher sie liegen, eine dritte senkrecht ehen, so theilt man den Winkel, welchen die beiden Axen mit einander n, in zwei gleiche Theile und legt die Schnitte, durch welche man Scheibe von diesem Krystall trennen will, senkrecht auf diese Theilungs-

Man erhält so Platten, welche einen Schnitt haben, der auf jeder eiden Axen schräg steht, in Folge dessen werden die Ringe, welche man nicht rund, sondern oval sein, und so wie die Theorie es voraussieht, igt es die Wirklichkeit. Die hier folgenden Zeichnungen (Fig. 396)

Fig. 396.



die Erscheinung, welche eine Platte eines schönen Salpeterkrystalles wenn sie $\frac{1}{8}$, auch nur $\frac{1}{10}$ Zoll dick auf die vorhin gedachte Art itten und auf die Schnittfläche gelegt worden ist. Auch beim Aragonit

und beim Weißbleierz sieht man dieselben Zeichnungen. Die erste davon erhält man, wenn man die Salpeterplatte zwischen zwei Turmalinblätter bringt, deren Axen sich rechtwinklig kreuzen. Es sind farbige, ovale Ringe in zwei Systeme concentrisch geordnet, neben einander mit einem schwarzen Kreuz, dessen längere Schenkel die beiden Ellipsen schneiden und dessen kürzere Schenkel quer durch den Berührungspunkt beider Ellipsen gehen.

Wenn nun bei unveränderter Stellung der Turmalinplatten gegen einander die zwischen ihnen liegende Salpeterplatte gedreht wird, so erhält sie nach und nach die drei angegebenen Zeichnungen, die Fig. *II* bei etwa 10 bis 12 Grad Drehung, *III* bei 22½ Grad, *IV* bei 45 Grad, bei fernerem Drehen kommen die vorigen Erscheinungen wieder, bei 67½ Grad *III*, bei 78 Grad *II* und bei einer Viertelumdrehung, also bei 90 Grad, wieder *I*.

Außer dieser gewöhnlichen Polarisation findet noch eine kreisförmige und eine elliptische Polarisation statt. Betrachtet man eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte im polarisirten Lichte, so ist zwar das Licht nach dem Austritt noch polarisirt, allein nicht mehr in derselben Ebene wie beim Eintritt, und um gleiche Erscheinungen zu haben, muß man die Ebene drehen oder, was gleich viel sagt, es hat sich das polarisirte Licht in dem Bergkrystall gedreht und der Experimentator muß ihm nachgehen.

Es hat sich aus vielen Untersuchungen von Seebeck, Biot und Arago ergeben, daß die Grade der Drehung für die verschiedenen Farben verschieden sind und zwar um so stärker, je stärker brechbar die Farben sind, daß ferner die Drehung zunimmt mit der Dicke der Quarzplatte (oder überhaupt derjenigen Substanz, welche die Drehung verursacht).

Man nennt nun „rechtsdrehende" diejenigen Substanzen, welche den Lichtstrahl nach der rechten Seite wenden und „linksdrehende" diejenigen, welche den Strahl links wenden. Die ersteren sind der Zucker, Citronensäure, Kampferlösung, Weinsteinsäure und Dextrin; linksdrehende sind Terpentingeist, Lorbeeröl, Gummi arabicum u. a.

Die sehr interessanten Erscheinungen lassen sich in Folgendem zusammenfassen:

Wenn man mit einem doppelt brechenden Prisma durch eine Quarztafel sieht, welche senkrecht auf die Axe geschnitten ist und auf welche ein Strahl polarisirten Lichtes fällt, so sieht man zwei lebhaft gefärbte Flächen, welche vollkommen complementar zu einander sind, also z. B. das reinste Roth und daneben das reinste, dieses Roth vollkommen zu Weiß ergänzende Grün haben.

Dreht man das Prisma rechts oder links, so verändern sich die

farben, doch immer genau complementar bleibend, wiewohl kein plötzlicher Wechsel eintritt, sondern z. B. das Roth immer purpurartiger, bläulich wird, wodurch es langsam in Violett übergeht, indessen das prächtige Grün in einer intensiven Tinte mehr und mehr Gelb aufnimmt, so daß, wenn aus em Roth durch Purpur endlich Violett geworden, auch aus dem Grün urch Gelbgrün endlich das leuchtendste Gelb geworden ist.

Unter den festen Körpern hat nur der Quarz diese Eigenschaft, allein Seebeck und Biot haben entdeckt, daß die Lösungen vieler Substanzen sie sitzen und es ist gelungen, dieselben als Prüfungsmittel für Körper zu nutzen, welche man sonst nicht so leicht auf ihre wahre Zusammensetzung rückführen kann. Es muß doch wohl ein Unterschied zwischen Traubenucker und Rohrzucker sein, die Chemie aber sagt nein, wenigstens kann ich e Verschiedenheiten nicht nachweisen; das polarisirte Licht sagt ja, ich kann n Unterschied zeigen: der Rohrzucker dreht die Polarisationsebene rechts, r Traubenzucker links.

Diese und viele andere Lösungen besitzen die drehende Eigenschaft, doch in einem viel geringeren Grade als der Quarz, daher, um doch zu rchgreifenden Resultaten zu gelangen, nimmt man die Tafeln dick, d. h. an macht aus einer cylindrischen Scheibe einen mehrere Zoll hohen Cyinder.

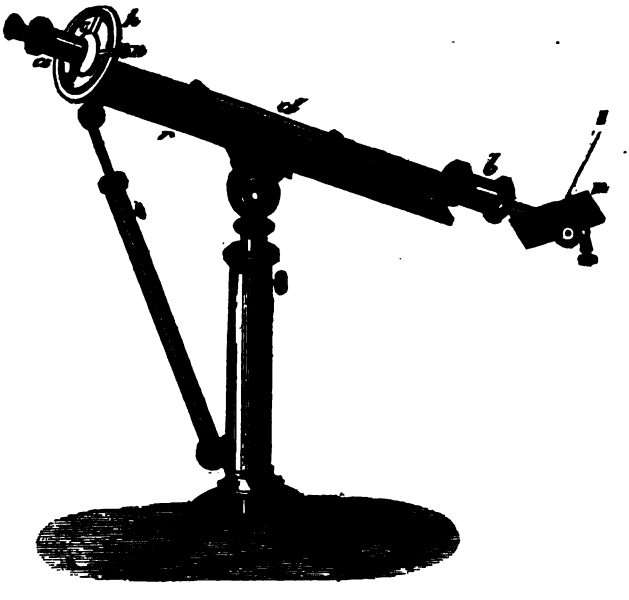
Der Apparat, um die lichtdrehende Kraft der Flüssigkeiten zu unterchen, ist in Fig. 397 (S. 606) dargestellt. Auf dem dreifüßigen Gestell, elches vorn eine schräglaufende Stütze mit Auszugrohr hat, um dem Appat die erforderliche Lage fest geben zu können, liegt eine lange Rinne *rg*. n ihrem unteren Ende ist ein durchbohrtes Rohr *b*, welches dient, um überissiges Licht abzuhalten, eine Pappscheibe würde genau genommen dieselben ienste leisten.

Von diesem Rohr laufen zwei Arme aus, welche einen drehbaren chwarzen Spiegel *m* tragen. Die beiden Schrauben, welche man an demlben gewahrt, dienen, um ihn in die erforderliche Richtung zu bringen nd darin zu erhalten.

Am entgegengesetzten Ende befindet sich ein ähnliches Rohr, so gebohrt der gestellt, daß ein Lichtstrahl durch das eine gehend auch durch das anre gehen muß. Vorn hat dieses Rohr ein doppeltbrechendes, jedoch gut hromasirtes Prisma, welches mit dem Rohr beliebig gedreht werden kann, dem man an dem Knopf *n* das Rohr und zugleich den Zeiger *c* bewegt. ist ein getheilter Kreis, auf welchem der Zeiger *c*, mit einem Nonius rsehen, läuft; der Lichtstrahl *s* fällt auf den Spiegel, welcher im Polaritionswinkel für schwarzes Glas steht und mit dem ganzen Gestell die

Richtung *so* durch das Rohr *b* und das Rohr *a*, so wie das darinstehende Prisma geht. Der Nonius steht auf dem Anfangspunkte der Kreistheilung.

Fig. 397.



Will man nun eine Flüssigkeit auf ihre Fähigkeit, den polarisirten Lichtstrahl zu drehen, untersuchen, so füllt man damit eine Röhre von bestimmter Länge, welche oben und unten mit parallel geschliffenen Glastafeln geschlossen ist und legt sie in die Rinne *g*. Die beiden Enden dieser Röhre haben so stark hervorragende Ränder, daß die Axe derselben mit den beiden Axen der Theile *a* und *b* in eine gerade Linie fällt, also der Strahl *s*, welcher von dem Spiegel *m* in die erste Röhre geworfen wird, auch durch die Röhre mit der zu untersuchenden Flüssigkeit und durch die Röhre *a*, in welcher das Nicol'sche Prisma befindlich, geht.

Die Stellung des Prisma muß diese sein, daß, wenn keine Röhre mit einer Flüssigkeit *d* in der Rinne *g* liegt, der außerordentliche Strahl des doppelt brechenden Krystalls dadurch ausgelöscht wird. In dieser Stellung muß auch der Anfangspunkt der Scala zu finden sein.

Legt man nunmehr eine Röhre *d*, mit Wasser oder mit Weingeist, mit Aether oder irgend einer andern, auf das Licht unwirksamen Flüssigkeit gefüllt, in die Rinne, so bleibt die Anschauung dieselbe, ob die Röhre da war oder nicht. Das Instrument, mit seinem Spiegel *m* gegen den blauen Himmel gerichtet, empfängt seine Strahlen und sendet sie unverändert in

Auge. Iſt die Flüſſigkeit in der Röhre *d* aber eine ſolche, die auf Licht wirkt, ſo erſcheint alsbald das doppelte Bild, das zweite des rordentlichen Strahles, und nun dreht man mittelſt des Knopfes *n* das r *a* und das darin enthaltene doppelt brechende Prisma ſammt dem ier *c* ſo lange nach einer oder der anderen Seite, bis das außerordent- Bild wieder verſchwindet und je nachdem man dies durch Rechts- oder h Linksdrehen bewirkt, je nachdem benennt man die Flüſſigkeit eine sdrehende oder eine linksdrehende.

Um dieſes Experiment rein und unzweifelhaft zu geſtalten, muß man einfachem Licht operiren, denn das zuſammengeſetzte Licht (das weiße) verſchiedene Farben und dieſe verſchiedenen Farben ſind verſchieden bar, daher wird man bei der Betrachtung nicht ein reines, ſondern eine e Reihe ſich über einander ſchiebender farbiger Bilder haben. Um dies ermeiden, blendet man das Prisma durch ein Planglas, welches durch feroxyd roth gefärbt iſt und nun hat man nur ein ganz einfarbiges, rothes Bild und der Anfangspunkt der Scala, bei welchem der Haupt- tt des Prisma zuſammenfällt mit der Polariſationsebene, iſt der Punkt, welchem das zweite außerordentliche Bild im rothen Strahle ganz ſcht.

Die Praxis hat ſich dieſes Inſtrumentes bemächtigt und es durch ge Modificationen für die techniſchen Gewerbe ſehr brauchbar gemacht.

Fig. 398 zeigt das Saccharimeter im Durchſchnitt; man ſieht, daß es rlich von jenem vorhin gezeichneten wenig verſchieden iſt, allein eine

Fig. 398.

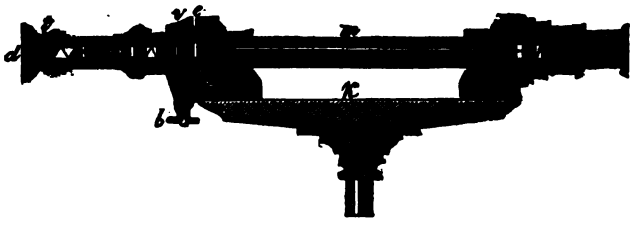
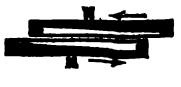
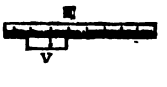


Fig. 399. Fig. 400. Fig. 401.





ntliche Modification hat es doch erlitten. Die Röhre *tv* mit dem elt brechenden Prisma iſt auch hier vorhanden, die Röhre am Ende *S* aber als polariſirende Vorrichtung nicht einen Spiegel, ſondern gleich-

falls ein doppelt brechendes Prisma *r*, welches so gestellt ist, daß nur das ordentliche Bild durch die verschiedenen Röhren in das Auge gelangt, das außerordentliche aber seitwärts fällt. Nahe hinter dem Prisma steht eine etwa zwei Linien dicke Quarzplatte, aus einem rechts- und einem linksdrehenden Stücke zusammengesetzt, in Fig. 401 besonders abgebildet. Beim Durchgange des Lichtes wirken sie in entgegengesetztem Sinne und heben also jede Drehung auf, die Rosafarbe, welche sie zeigen, ist bei den beiden Stücken *a* und *b* vollkommen gleich, was man, da beide Hälften zugleich gesehen werden müssen, sehr wohl wahrnehmen kann.

m ist die Röhre von Messing für die zu untersuchende Flüssigkeit, sie ruht mit ihren beiden hervorragenden Enden auf dem Gestell *k*, so daß der polarisirte Lichtstrahl von *S* durch *m* nach *d* gelangen kann. Nach dem Austritt aus der Röhre durchstreicht der Lichtstrahl noch eine einfache und zwei zusammengesetzte Quarzplatten *i* und *n*, welche letztere wie Keile geschnitten sind und an einander vorbeigeschoben werden können, so daß sie dadurch eine dicker oder dünner werdende Platte bilden, sie sind in Fig. 399 in größerem Maßstabe zu sehen, in einer gewissen Stellung sind sie genau so dick als die einfache Quarzplatte, von welcher zuletzt die Rede war und dann müssen die Wirkungen beider, der einfachen und des Paares, sich aufheben, in jeder andern Stellung sind sie dünner oder dicker als jene und hierauf beruht das ganze Experiment.

Bei *c* ist eine Scala (vergrößert in Fig. 400), welche auf die beiden Keile Bezug hat und angiebt, wie viel sie über einander geschoben sind, *b* ist die Schraube, vermöge deren das Verschieben stattfindet. Die Quarzkeile dienen, um die Drehung, welche die Flüssigkeit auf den polarisirten Lichtstrahl ausübt, aufzuheben, der Antheil von Verschiebung, welcher hierzu nöthig, d. h. die Masse, um welche die Quarzplatten dicker oder dünner gemacht werden müssen als jene ersten einfachen Quarzplatten, dient zuerst um zu bestimmen, ob die Flüssigkeit rechtsdrehend oder linksdrehend ist, dann aber durch die Stärke der Verschiebung, wie stark ihr Drehungsvermögen, oder mit anderen Worten wie stark ihre Concentration ist.

In dem Rohre *tr* sind einige unwesentliche Vorrichtungen, als ein kleines Galilei'sches Fernrohr und ein paar Quarzplatten, um beliebig empfindliche Farben hervorbringen zu können, sie gehören jedoch nicht unumgänglich zu dem Apparat, wohl aber schließlich das Nicol'sche Prisma *a*, in welches man bei *d* hineinschaut, um das Experiment zu machen. Dies ist hier wesentlich auf die Entdeckung von Zucker und auf die Schätzung seiner Menge gerichtet. Die Röhre, welche mit der Lösung gefüllt ist, verändert, dreht den Strahl und zwar um so mehr, je inhaltreicher sie ist,

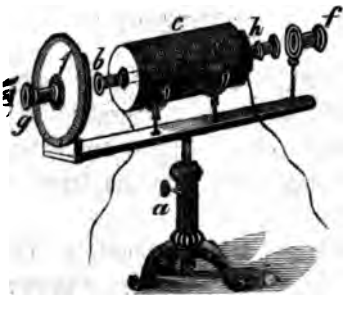
e Menge Quarz, welche man dazwiſchen ſchieben muß, um das Bild der ppelten Quarzplatte q (Q) am Ende des Rohres ſo zu ſehen, wie man vor dem Experiment ſah, giebt die Stärke der Löſung an.

Auch die Medicin wendet den Apparat zur Unterſuchung einzelner rankheitserſcheinungen an. Die Leute, welche an der Harnruhr leiden, erlieren durch dieſe flüſſigen Excremente viel Zucker; ob dies der Fall iſt, r Kranke alſo wirklich an Diabetes leidet oder nicht und wie ſtark ſein uckerverluſt iſt, wird durch das Saccharimeter ermittelt.

Daß verſchiedene Subſtanzen den Lichtſtrahl auf ſolche Weiſe affi- ren, daß dadurch eine Spaltung deſſelben oder ein Drehen deſſelben ſtatt- det, war hierdurch bewieſen, es fragte ſich nun, ob nicht auch Kräfte ähnlich ie Körper (Subſtanzen) wirken könnten und dies ſchien dadurch beſtätigt zu erden, daß im Jahre 1845 verlautete, in politiſchen Zeitſchriften angedeutet urde, Faraday habe den Lichtſtrahl durch den Magnetismus gedreht.

Profeſſor Böttger in Frankfurt a. M. ſtellte auf dieſe Nachricht hin fort einen Apparat zuſammen, welcher in Fig. 402 zu ſehen iſt. Es iſt ein ſolcher, wie er überhaupt zur Unterſuchung der Polariſation von Flüſſigkeiten angewendet wird, und es iſt nur eine Drahtſpirale hinzugefügt, um die Flüſſigkeit magnetiſiren zu können. Auf dem Stativ a ſteht das Lineal, welches die einzelnen Theile trägt, zwiſchen b und h eine Röhre mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit, um welche eben die ſehr reichlich gewundene Spi- le c gelegt iſt. Die Röhre iſt an beiden Enden mit geſchliffenen Glas- atten geſchloſſen. Bei g und bei f ſind zwei Nicol'ſche Prismen, welche n Lichtſtrahl, der durch die Röhre gehen ſoll, polariſiren; f iſt die pola- irende, g die analyſirende Vorrichtung, eine in Grade getheilte Scheibe nt dazu, die Drehung zu meſſen, welche man anwenden muß, um das rch die Subſtanz in der Röhre veränderte Licht wieder in ſeiner natür- hen Art zu ſehen.

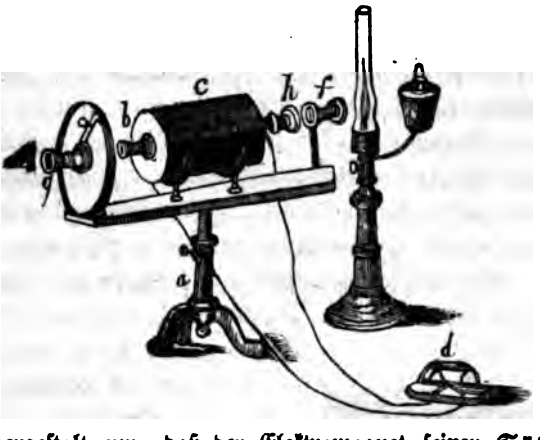
Fig. 402.



Das Experiment wurde nun von Böttger in folgender Art gemacht: r das Prisma f ſtellte er eine Argand'ſche Lampe mit recht reinem, ißem Licht. Fig. 403 (S. 610) verbindet die Drahtenden mit einem mmutator (einem Stromwender) und geſtattet dem elektriſchen Strom n Eintritt in die Spirale in ſolcher Weiſe, daß dort, wo das Licht ein- lt, alſo bei h, der Nordpol des Elektromagnets entſtehe.

Vor Anwendung der Elektricität stellt man das bewegliche Prisma *g* so, daß man die Lichtflamme nicht sieht, wenn das Auge von *g* nach *f* durch die Röhre schaut. Schließt man nun die Kette durch den Stromwender auf die gedachte Art, so wird augenblicklich das Gesichtsfeld erhellt und erscheint röthlich gefärbt, kehrt man dagegen durch den Commutator

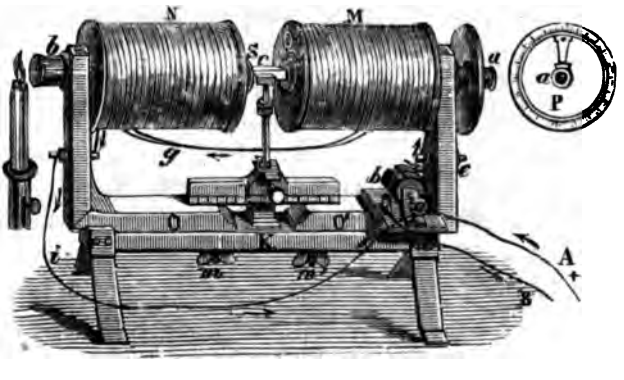
Fig. 403.



den Strom dergestalt um, daß der Elektromagnet seinen Südpol an der Stelle bekommt, wo das Licht eintritt, bei *h*, so wird augenblicklich das Sehfeld bläulich-grün; in beiden Fällen findet eine Drehung der Polarisationsebene um 1¼ Grad statt, im ersten Falle nach links, im letzten nach rechts (d. h. wenn der Südpol bei *h* ist).

Der Faraday'sche Apparat ward erst viel später bekannt, er scheint auch viel schwerfälliger als der so eben beschriebene, allein der Vollständigkeit wegen wollen wir denselben doch beschreiben, er ist in Fig. 404 abge-

Fig. 404.



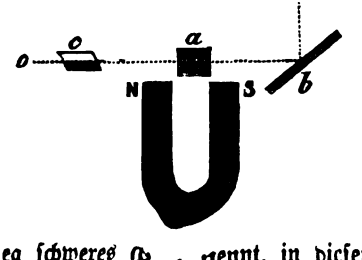
bildet und zeigt in *M* und *N* zwei mächtige elektromagnetische Spiralen über hohle Eisenblechröhren gewickelt, bei *g* und bei *b* sind die Nicol'schen Prismen angebracht, deren letztere zum Polarisiren, die erstere aber zum Analysiren gebraucht wird, in *P* ist der getheilte Kreis mit seinem Zeiger abgesondert dargestellt, *a* ist das drehbare Prisma.

Die beiden Elektromagnete sind an starken Trägern 0 0' befestigt, verstöge deren sie auf dem Gestell *K* verschoben werden können, die Schrauben *m* halten sie dann in der für zweckmäßig erachteten Lage fest.

Zwischen *S* und *Q* (die beiden Polenden der Elektromagnete) bringt an den zu prüfenden Körper *c* und man stellt nun die beiden Prismen it ihren Flächen senkrecht gegen einander, so daß der Lichtstrahl, welcher n der Kerze durch das Prisma *b* geht, bei *a* anlangend, ausgelöscht wird. ierbei ist es nun gleichgültig, ob bei *c* ein durchsichtiger Körper, Glas der eine andere Substanz liegt. Sobald man aber den elektrischen Strom n *A* her den Pfeilen nach eintreten läßt und durch den Commutator *n*, die Spile *M*, dann die zweite *N* (durch den Verbindungsdraht *g*), dann aber ieder durch *i*, dem Pfeile nach in den Commutator und von diesem durch nach der Elektricitätsquelle (einer starken Grove'schen oder Bunsenhen Batterie) gehen läßt, so findet alsbald eine solche Ablenkung des ichtstrahles statt, daß man die analysirende Vorrichtung *P* um mehrere rade drehen muß, um das einfallende Licht wieder zum Verschwinden zu ringen, thut man dies nicht, so findet die vorhin beschriebene Erscheinung att, man sieht das Gesichtsfeld röthlich oder grünlich gefärbt, je nachdem r Strom *AB* durch den Commutator so gelenkt oder umgekehrt wird, aß die Pole *S* und *Q* wechseln.

Die deutschen Gelehrten sahen sofort, daß hier von einer Ablenkung es Lichtstrahls durch den Magnet keine Rede sei, sondern daß der Magnetismus nur auf den Körper, durch welchen der Strahl geht, modificirend wirke und man führte die Erscheinung auf ihre einfachste Form rück.

Fig. 405.



Wenn auf die unbelegte Spiegeltafel *b* ein Lichtstrahl in der Richtung, welche die feine Linie anzeigt, trifft und nach *o* abgelenkt wird, so kann man denselben durch das analysirende Nicol'sche Prisma *c* zum Verschwinden bringen. Ein Stück kieselborsaures Bleioxyd, welches man schlechtweg schweres Glas nennt, in diesen Strahl bei *a* gebracht, ändert an dem

Laufe des Lichtstrahles nichts, derselbe bleibt verlöscht, ob es da ist oder nicht. Bringt man jedoch einen sehr starken Magnet NS so an das Glas, daß es zwischen den Polen schwebt, ohne daß jedoch die Schenkel des Magnets den Lichtstrahl hindern, so wird das in o befindliche Auge alsbald einen röthlichen oder grünlichen Schein sehen, je nachdem die Pole des Magnets stehen, wie die Fig. 405 zeigt, oder umgekehrt. So wie der elektrische Strom das Eisen nicht nur, sondern das Kupfer, das Silber in einen Magnet verwandelt, so macht derselbe auch einen das Licht einfach brechenden Körper zum doppelt brechenden, er verwandelt nicht den Lichtstrahl, sondern den Körper, durch den er geht.

Darum gelingt der Versuch auch mit dem Böttger'schen Apparat sehr gut, ja man möchte fast sagen viel besser als mit dem Faraday'schen, denn der erste nimmt den zu magnetisirenden Körper mitten in seine Drahtmasse auf, wo die Wirkung eine viel kräftigere ist als an einem seiner Enden. Faraday's Apparat besteht aus zwei Magneten, zwischen deren Pole der zu verändernde Körper gebracht wird. Diese Elektromagnete müssen, hohl wie sie sind, ohne beträchtliche Eisenkerne, eine außerordentliche Menge von Umwicklungen haben, um auf den Körper zu wirken, der nicht von ihnen eingeschlossen ist, wie in dem Böttger'schen Apparat, sondern der nur in ihre Nähe gerückt wird. Hätte Faraday's Apparat das Ansehen von Fig. 405, d. h. wäre er ein Hufeisenmagnet und umfaßte er den zu magnetisirenden Körper mit den Enden seiner Schenkel, mit den Polen, so würde ein bei weitem schwächerer Magnet schon das Genügende thun, hier aber war diejenige Anordnung gewählt, welche die allerungünstigste war, darum gelang auch allen andern Gelehrten, welche nicht über die Geldmittel einer Royal institution zu verfügen hatten, der Versuch nicht, bis Böttger auf den glücklichen Gedanken kam, die Spirale um den Körper zu legen.

Die Sache ist an sich höchst merkwürdig, nur ist sie nicht diejenige, für welche Faraday sie ansah. Der Lichtstrahl wird nicht beim Durchgange durch die Spiralen M oder N (Fig. 404) verändert, dann nämlich müßte es gleichgültig sein, wie weit sie von dem Körper c ständen, auch gleichgültig, ob er vorhanden oder nicht, sondern er wird von dem Körper c verändert und dieses nur, wenn derselbe zwischen den Polen der Magnete steht; also erleidet der Körper die Molecularverschiebung, vermöge deren er den Lichtstrahl von seinem natürlichen Wege ablenkt. Eine Ansicht, welche Faraday selbst auch angenommen hat, obwohl er ursprünglich behauptete, daß der Lichtstrahl das zu magnetisirende sei.

Photographie.

Von den chemiſchen Wirkungen des Lichtes haben wir bereits ge-
rochen, es bleibt uns nur noch jene Eigenſchaft zu berühren, vermöge
ren einige gegen das Licht ſehr empfindliche Präparate gefärbt oder ent-
rbt werden in verhältnißmäßig ſehr kurzer Zeit; vorzugsweiſe iſt hier das
lzſaure Silber zu erwähnen, welches ſchon Wedgewood benutzen wollte,
n Camera-obſcura-Bilder zu gewinnen und ſie auf ſeine Porzellangefäße zu
ingen. Humphry Davy ſtellte auch dergleichen wirklich her, indem er
apier mit einer Auflöſung von Chlorſilber tränkte und dieſes in die Ca-
era obscura brachte. Die Bilder waren unvollkommen, da er die Be-
ndlung gar nicht verſtand, das Ganze blieb aber liegen, erſtens weil die
ilder negativ waren, d. h. weil das Helle ſchwarz und das Dunkle hell
ar (alſo etwa wie eine Zeichnung auf einer Schiefertafel) und zweitens,
eil, wenn auch Anfangs das Bild ſichtbar, doch ſehr bald daſſelbe ganz
rſchwand, da der Einfluß des Lichtes überhaupt (nicht bloß dasjenige,
as in der dunklen Kammer das Papier traf) dieſes ſchwärzte, ſo daß nach
ıd nach jede Spur der Zeichnung verſchwand. Daß der große Chemiker
umphry Davy dieſes Uebel nicht ſofort zu beſeitigen verſtand, benimmt
m Unbefangenen eigentlich jeden Reſpect vor der außerordentlichen wiſſen-
haftlichen Höhe (deren Gipfelpunkt erreicht zu haben Humphry Davy
aubte) des berühmten Mannes, denn es gehören doch nur die Anfangs-
ünde der Chemie dazu, zu wiſſen, daß Alkalien die Wirkung der Säuren auf-
ben. Daß Davy dieſes auch wußte, wird Niemand, der Verfaſſer am wenig-
n, bezweifeln, allein daß er dieſes ſein Wiſſen nicht anwandte in dieſem Falle,
ie in tauſend andern er gethan, zeugt wenigſtens Mangel an eigentlichem
enie und raubte ihm die Ehre der Erfindung. Uebrigens ein wahres
lück, denn hätten die Engländer auch noch dieſe Erfindung gemacht, ſo
äre gar nicht mehr mit ihnen auszukommen, ſie ſind ſo ſchon hochmüthig
s zum Unbequemen. Es wurde derſelbe Gedanke gleichzeitig von den
anzoſen Daguerre, Niepça de St. Victur und von dem Engländer
albot aufgefaßt und alle drei verfolgten ihn unabhängig von einander
f ganz verſchiedenen Wegen.

Daguerre lief den beiden andern den Rang ab, er wählte ſilber-
ttirtes Kupfer, das durch Joddämpfe empfindlich gemacht war, zum Ge-
tande [illegible] Lichteinwirkung und ſtellte, ſie vor jeder Einwirkung von
dem [illegible] ſchützend, dieſe Platte in eine Camera obscura mit achro-
[illegible] Dort, wo die Lichtſtrahlen hinfallen, wird das Jod

ſtark verändert, hält man nach kurzer Einwirkung des Lichtes die beſchienene Platte über eine Fläche etwas erwärmten Queckſilbers, ſo ſchlagen ſich die Queckſilberdämpfe auf dem durch das Licht veränderten Jod nieder und greifen das Silber an, indeß auf den nicht vom Lichte veränderten Stellen das Queckſilber ſich nicht niederſchlägt.

So ſieht man das Bild, nachdem das Jod abgewaſchen iſt, wie eine helle Zeichnung auf dunklem Grunde, indem das Queckſilber in unzähligen feinen Perlchen Licht nach allen Seiten zurückwirft und alſo weiß erſcheint, während der Silberſpiegel ſo gehalten wird, daß er nur dunkle Gegenſtände trifft; ſtellt man ſich umgekehrt, daß der Spiegel helle Gegenſtände in das Auge wirft, ſo iſt die Zeichnung dunkel und ſieht ſehr entſtellt aus.

Talbot nimmt ſtatt der Silberplatte mit Chlorſilber getränktes Papier, auf welchem er ein negatives Bild erhält, dieſes wird dadurch, daß man die Säure, welche das Silber aufgelöſt hielt, durch ein Alkali neutraliſirt, unveränderlich gemacht. Nunmehr legt man dieſes negative Bild (hell mit dunklen Stellen) auf ein gleiches Papier und ſetzt es dem Tageslichte aus, dadurch werden auf dieſem zweiten diejenigen Stellen dunkel, welche von weißen Stellen bedeckt waren und diejenigen, auf denen die dunklen Theile des Bildes lagen, bleiben hell.

Dieſes iſt die ſogenannte Talbotypie oder die Photographie, man hat den letztgedachten Namen vorzugsweiſe auf dieſe Art von Zeichnungen angewendet, warum, iſt ſchwer zu verſtehen, man ſagt „Lichtzeichnung, Lichtbild.“ Lichtzeichnungen ſind aber auch die Daguerre'ſchen Bilder ſo gut wie alle anderen ſeit jener Zeit (1838), wo Daguerre mit ſeiner Erfindung auf trat, durch Modificationen des Verfahrens erlangten.

Das eigentlich Techniſche bei der Photographie werden wir an einem andern Orte ausführlich mittheilen.

Druck von A. Bahn & Comp. in Berlin, Schleuſe 4.